

**М.Б. Фардеева, Н.Р. Шафигуллина**

**Экология растений и методы фитоиндикации**  
(учебное пособие к теоретическому курсу и практическим занятиям)

Казань  
2018

ФГАОУВПО «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

*Институт экологии и природопользования*

**М.Б. Фардеева, Н.Р. Шафигуллина**

## **Экология растений и методы фитоиндикации**

**Учебное пособие к теоретическому курсу и практическим занятиям**

Для студентов дневного отделения Института экологии и природопользования КФУ  
по направлению 05.03.06. Экология и природопользование

Казань – 2018

Печатается по решению методической комиссии института экологии и  
природопользования

Утверждено на заседании кафедры общей экологии КФУ от 12.04.2018 г., протокол №6

**Рецензенты:**

доктор биологических наук, профессор КФУ  
Т.В. Рогова

**Авторы-составители:** д.б. н., доцент М.Б. Фардеева  
к.б. н., ассистент Н.Р. Шафигуллина

**Фардеева М.Б., Шафигуллина Н.Р.**

Экология растений и методы фитоиндикации. Учебное пособие к теоретическим и  
практическим занятиям: – Казань: Казанский федеральный университет, 2018.

Учебное пособие М.Б. Фардеевой и Н.Р. Шафигуллиной «Экология растений и  
методы фитоиндикации» к курсу «Экология организмов: экология растений» и к  
практическим занятиям по курсу «Биоиндикация и экологические шкалы» представляет  
собой подробное описание теоретического материала по экологии растений и  
биоиндикации.

Учебное пособие предназначено для студентов дневного отделения Института  
экологии и природопользования КФУ по специальности: 05.03.06. Экология и  
природопользование, а также может быть использовано в курсах «Экология растений» и  
«Биогеография» для студентов биологического (06.03.01 Биология) и географического  
факультетов.

Учебное пособие содержит подробное описание теоретического материала и  
практических занятий по изучаемым разделам. I раздел – Экологические факторы и их  
роль в жизни высших растений: влияние абиотических факторов на морфологические и  
анатомические приспособления растений; II раздел – Определение стабильности развития  
репродуктивных и вегетативных органов растений в различных условиях  
природопользования на основе морфометрии органов; III раздел – Фитоиндикация  
окружающей среды урбанизированных территорий; IV – Оценка состояния растительных  
сообществ методами фитоиндикации; V – Методы биоиндикации и экологические шкалы;

Последние три раздела основаны на использовании индикационных возможностей  
растений и экологических шкал для мониторинга фитоценозов и влияния экзогенных  
процессов на состояние растительных сообществ; оценки продуктивности фитоценозов на  
основе морфологии вегетативных органов и их биомассы; лишеноиндикация и т.д. Каждое  
задание содержит следующие разделы – цели, задачи, обоснование проблемы и краткая  
теоретическая характеристика, порядок выполнения практической работы, рисунки и  
аналитические таблицы.

Казанский (Приволжский) федеральный  
университет, 2018

## Оглавление

Введение .....	5
Раздел I: Влияние абиотических факторов на рост и развитие растений; типы экологических групп растений к основным факторам среды .....	9
Занятие 1. Свет и его влияние на морфологическую и анатомическую структуру растений .....	9
Занятие 2. Свет и его влияние на анатомическую структуру растений .....	13
Занятие 3. Влияние условий влажности на морфологическую и анатомическую структуру растений .....	18
Занятие 4. Влияние условий освещенности и влажности на анатомическую структуру растений .....	23
Занятие 5. Влияние температуры на морфологическую и анатомическую структуру растений .....	28
Раздел II: Определение стабильности развития репродуктивных и вегетативных органов растений в различных условиях природопользования .....	34
Занятие 6. Влияние железной дороги на морфометрические характеристики семян сорных растений .....	34
Занятие 7. Влияние условий разной экспозиции склонов на количественные и качественные характеристики репродуктивных органов растений (на примере можжевельника обыкновенного) .....	37
Занятие 8. Использование морфометрического метода для определения стабильности развития органов запаса на примере оценки урожайности сельскохозяйственной продукции – корнеплодов моркови при использовании разных способов полива .....	41
Раздел III: Фитоиндикация окружающей среды урбанизированных территорий .....	46
Занятие 9. Устойчивость хвойных пород в условиях антропогенного воздействия (на примере зеленых насаждений г. Казани) .....	46
Занятие 10. Метод «флуктуирующей асимметрии» листьев для оценки стабильности развития органов растения (на примере, листьев березы) в условиях антропогенного воздействия (или любого другого воздействия) .....	50
Занятие 11. Оценка состояния жизненности деревьев в зеленых насаждениях города, на основе морфометрических параметров листьев и плодов <i>Sorbus aucuparia</i> .....	55
Раздел IV: Оценка состояния растительных сообществ методами фитоиндикации .....	59
Занятие 12. Оценка продуктивности сообществ методами определения листового индекса в разных экологических, фитоценологических и зональных условиях .....	59
Занятие 13. Использование индикационных возможностей растений и экологических шкал для мониторинга состояния фитоценозов в условиях различного природопользования (заповедник и рекреация) .....	63
Занятие 14. Использование индикационных возможностей растений и экологических шкал для мониторинга состояния фитоценозов в условиях оползнево-осыпных процессов .....	67
Раздел V Методы биоиндикации и экологические шкалы .....	75
Занятие 15. Использование экологических шкал для определения экологических условий и выявления различных компонентов среды .....	76
Занятие 16. Использование различных экологических шкал для оценки условий, пригодности и состояния местообитаний редких видов растений .....	79
Занятие 17. Использование растений в целях индикации и изысканий почвенных, гидрологических и геологических условий .....	83
Занятие 18. Методы лишеноиндикации в оценке качества воздуха (Индекс атмосферной чистоты (ИАЧ) и Индекс полеотолерантности (ИП) .....	89
Список используемой литературы .....	96
Приложение .....	99
1. Жизненные формы растений .....	99
2. Справочные рисунки по морфологии растений .....	111
3. Геоботанические описания на участках разного природопользования .....	119
4. Геоботанические описания фитоценозов на оползневых склонах .....	128
5. Справочные материалы к экологическим шкалам .....	136
6. Индикаторные виды растений .....	143
7. Материалы к лишеноиндикационным исследованиям .....	146

## Введение

Раздел экологии, посвященный изучению взаимоотношения организмов со средой обитания, их устойчивости и выработке адаптаций (цитологических, анатомических, морфологических, физиологических и биохимических) к отдельным факторам среды, называется *аутэкологией*. *Экология растений* изучает совокупность и структуру связей между растительными организмами и условиями их обитания (средой), от которой зависит успешность их выживания, роста, развития, размножения, распространения и конкурентоспособность. Т.е. изучает реакцию вида, популяции или фитоценоза на постоянно изменяющиеся во времени и пространстве экологические условия.

Одно из фундаментальных свойств многообразия живой материи – это многообразие и неповторимость ее форм, обеспечивающие разнообразие и устойчивость экосистем разного уровня. Упорядочением этого многообразия занимается в первую очередь систематика (применительно к растительному миру – систематика растений). Однако есть и другие аспекты многообразия организмов – онтогенетическое, возрастное, половое, разнообразие по жизненному и фенологическому состоянию, по характеру экологических требований (экологические группы), по габитусу – внешнему облику (жизненные формы растений) (Юрцев, 1977). Особенности жизненной формы имеют не только самостоятельное значение в обеспечении многообразия форм растений в ходе их приспособления к окружающей среде, но и лежат в основе по ряду других показателей – например, многообразия форм обусловленного возрастом, жизненностью и др. Жизненную форму растений можно считать одним из узловых объектов не только ботаники и морфологии растений, но и экологии растений.

Первые работы, посвященные экологии растений или отношениям растений к условиям произрастания имелись уже у Теофраста (4-3 век до н.э.) и Плиния Старшего (1 век н.э.). Теофраст писал о зависимости формы роста и развития растений от климата, почвы и способов возделывания, и предлагал первые элементы экологической классификации растений. В 12-13 веках в монастырских садах Европы, занимаясь возделыванием лекарственных и пищевых растений, накапливался опыт по изучению причин зимнего покоя и его длительности у разных видов, зависимости роста и размножения растений от питания, состава, увлажнения почвы, от достатка солнечного тепла. В эпоху географических открытий началось изучение закономерностей распределения и распространения растений в связи с климатическими условиями. основополагающими работами по биогеографии и экологии растений считаются работы А. Гумбольдта (1806-1850). А Гумбольдт считал, что облик ландшафта определяется характером растительного покрова. Он выделил 16 (затем 19) «основных форм» растений, сочетание которых и определяет «физиономию» растительного покрова (Humboldt, 1806), при этом он связывал характер растительности, в том числе и сочетание «основных форм», с физико-географическими условиями и высказывается о приуроченности тех или иных растительных

форм к определенным вариантам климата. Большое значение имели работы Огюста и Альфонса Декандоля (1820-1832), которые обосновали понятия «местообитание» и «местонахождение» и стали понимать среду как совокупность экологических условий, воздействующих на жизнь растений. А. Декандоль впервые высказал мнения об экологической пластичности растений по сравнению с животными, обусловленную невозможностью растений «уйти от неблагоприятных условий», что и определяло их приспособленность к условиям обитания путем изменения своей формы. Исследования Ч. Дарвина (1859) позволили обосновать эволюцию видов, как приспособления к условиям среды. Известный немецкий зоолог Э. Геккель (1866) дает определение «экологии». В 18-19 веках в России начались исследования по описанию растительных ландшафтов пустынь, степей, лесов, высокогорий и тундр, отраженные в исследованиях и трудах С.П. Крашенинникова, И.И. Лепехина, П.С. Паласа, С.И. Коржинского и др.

К концу XIX века четко обозначились 2 основных направления в экологии растений – экологическая география растений, основоположником которой был Е. Варминг и морфолого-биологическое направление, которое в дальнейшем выстроилось в учение о жизненных формах и экологических группах (Irmisch, 1847, 1860; Nägeli, 1884; Drude, 1913; Gams, 1918; Du Rietz, 1931; Raunkiaer, 1934; Раменский, 1938; Серебряков, 1962). Большое значение имели труды Т. Ирмиша (Irmisch, 1847, 1860), детально анализировавшего «историю развития» некоторых видов растений Средней Европы (в современном понимании процессы побегообразования или морфогенеза). Исследование жизни конкретного растения позволяло наглядно представить взаимосвязь растительного организма со средой обитания и разработать способы анализа морфологии вегетативного тела растений в его динамике. Важную роль в развитии экологии растений сыграли работы К. Нэгели (Nägeli, 1884) об организационных признаках (не зависящих от внешней среды) и приспособительных (способных изменяться в ходе развития), обеспечивая приспособления организма к внешним условиям. В развитии этих идей Дю Ри (Du Rietz, 1931) наряду с системой «основных жизненных форм растений» была предложена система «форм роста», основанная на особенностях структуры побегов. Большое значение для развития экологии растений и биоморфологии оказали труды К. Раункиера (Raunkiaer, 1904, 1907, 1934) и И.Г. Серебрякова (1952; 1962; 1964; 1968).

В начале XX столетия появились исследования, посвященные растительной индикации (Клементс, 1920; Келлер, 1940; Браун-Бланке, 1938). Развитие методов фитоиндикации имело длительную историю, когда поиск полезных растений связывали с определенными местообитаниями, характеризующимися целым комплексом факторов, и до наших дней, когда начали использовать дистанционные методы изучения биосферы. В России подобными направлениями занимались Л.Г. Раменский и А.П. Шенников, ими на основе анализа растительных сообществ были созданы первые экологические шкалы (диапазонные). В современных условиях вопросам

усовершенствования экологических шкал уделяется большое внимание. Современные экологические шкалы, предложенные Д.Н. Цыгановым (1983) являются диапазоными (амплитудными) шкалами. Экологические шкалы Э. Ландольта (Landolt, 1977) и Г. Элленберга (Ellenberg et al., 1974, 2010) балльные или точечные шкалы, содержат балловые оценки экологических оптимумов видов и широко используются в Западной Европе (Diekman, Dupre, 1997; Hawkes et.al., 1997; Wamelink et.al., 2002). Актуальной проблемой современности является оценка антропогенных воздействий на естественные природные комплексы. Одним из показателей устойчивости видов и растительных сообществ к антропогенным факторам среды является оценка гемеробии растений, предложенная рядом западных авторов (Sukopp, 1972, Schluter, 1984, Frank, Klotz, 1990). Для определения антропогенной нарушенности экосистем начинают использовать в качестве биоиндикаторов и споровые растения – лишайники и мхи.

Большое значение для познания экологии растительного организма сыграли работы, посвященные исследованиям влияния различных факторов на анатомию, морфологию и физиологию растений (В.В. Алехин, И.И. Иванов, Н.А. Максимова, Тимирязев, И.С. Михайловская; Т.К. Горышина, Т.И. Серебрякова; Р.П. Барыкина и т.д.).

Курс «Экология растения» ориентирован на получение студентами представления о комплексном воздействии экологических факторов на растительные организмы и их совокупности – популяции и фитоценозы. При этом необходимо рассмотрение основных адаптаций растений (морфологических, анатомических, физиологических, биохимических), появившихся в процессе эволюции, как приспособление к среде обитания. На основе этого определяют различные экологические группы к основным факторам среды и жизненные формы. Курс знакомит с различными методами определения экологических групп на основе изучения морфологической и анатомической структуры органов, тканей, клеток с использованием микроскопов. Особое внимание уделяется индикационным особенностям растений, на основе которых проводятся различные анализы почвенно-грунтового состава субстратов, состояния фитоценозов, их структуры, состава, на основе определения различных экологических характеристик видов. В результате изучения данного курса студенты должны получить не только теоретические знания, но и ознакомиться с различными гербарными, анатомическими образцами. Используя материалы Базы данных "Флора" кафедры общей экологии проанализировать состояние различных по степени нарушенности фитоценозов, на основе различных методов фитоиндикации оценить состояния окружающей среды, заполнить сравнительные аналитические таблицы, оценить интегральные характеристики растений и выявить наиболее эффективные методы фитоиндикации.

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны:

- понимать сущность эволюционного процесса развития растительного мира в зависимости от условий среды;

- знать различные системы классификаций экологических факторов, экологических групп и жизненных форм;
- обладать теоретическими знаниями о действии различных экологических факторов на растительные организмы, их морфологическую и анатомическую структуру, рост и развитие, распространение и т. д.;
- освоить различные методы определения экологических групп по морфологическим и анатомическим признакам;
- приобрести навыки использования индикационных особенностей растений для фитоиндикации состояния растительных сообществ и окружающей среды;
- научиться использовать различные экологические шкалы для оценки экологических условий (климатических, почвенных, освещенности-затененности, влажности и т.д.) биоценоза.

Предлагается несколько вариантов практических работ, которые могут быть использованы на занятиях. Практические работы, с применением методов фитоиндикации окружающей среды или оценки состояния фитоценозов рекомендуется проводить группой из 2-3 человек.

Для иллюстрации учебного пособия применялись рисунки, позаимствованные из различных литературных источников: Р.П. Барыкина, Н.В. Чубатова Большой практикум по ботанике (2005); Л.И. Лотова Морфология и анатомия высших растений (2001); Т.К. Горышина Экология растений (1979); И.С. Михайловская Строение растений в связи с условиями жизни (1964). А также сделанные автором (Фардеева, 1997, 2009) – стебли и листья *Dactylorhiza maculata*, *Sorbus aucuparia*.



## Раздел I: Влияние абиотических факторов на рост и развитие растений; типы экологических групп растений к основным факторам среды

### Занятие 1. *Свет и его влияние на морфологическую и анатомическую структуру растений*

**Обоснование проблемы:** На основе различных морфометрических параметров и особенностях структуры жизненной формы можно выявить экологические группы растений, используемые в дальнейшем для эколого-фитоценотической индикации состояния растительных сообществ, а на основе соотношения разных жизненных форм оценить структуру флоры региона в целом.

#### Краткая характеристика

Основным источником энергии на Земле является солнечная энергия, обеспечивающая свет и тепло на планете, без которых невозможна существование и жизнедеятельность различных организмов. Свет – один из наиболее важных абиотических факторов среды, определяющий специфику положения в биосфере растений, подавляющее большинство которых являются фотоавтотрофами. Проходя сквозь атмосферу и отображаясь от земной поверхности, солнечный свет меняется по интенсивности и составу. Солнечный свет – это постоянный поток *электромагнитного* излучения в широком диапазоне волн от **0,1** до **30 000 нм**. На видимый свет приходится от **16** до **45%**, на инфракрасный – **49-84%**, на ультрафиолет – **1-5%**. При этом, **15-19%** солнечной энергии поглощается при прохождении через атмосферу, **33-34%** отражается обратно в космическое пространство, и только **43-47%** достигает земной поверхности в виде прямой и рассеянной радиации, доля прямой составляет **27%**, рассеянной – **16-20%**. Солнечная постоянная составляет 136 мВт/см<sup>2</sup> или 1,95 кал/см<sup>2</sup>мин. Область фотосинтетической активной радиации (ФАР) ограничивается частью спектра с длиной волны в пределах 380-720 нм, однако качество света для растений определяется количеством важных для растений красных и синих лучей, поглощаемых хлорофиллом в процессе фотосинтеза.

Световой фактор оказывает значительное влияние на рост, развитие и размещение растений и их сообществ по земной поверхности. Действие света на растения подразделяют на *фотосинтетическое, регуляторно-фотоморфогенетическое* и *тепловое* (Росс, 1977). Свет определяет многие фотобиологические явления: фотопериодизм, фотоморфогенез, фототаксисы, фототропизмы, фотонастии и др. Свет определяет *формообразование* растений, особенности их географического *распространения* и топографического *размещения*. Формообразующее действие света сказывается на облике растительного покрова разных областей Земли. Состав и структура растительных сообществ находятся в тесной зависимости от

требований растений к свету.

Благодаря лучистой энергии Солнца растения создают первичное органическое вещество, являющееся основой жизнеобеспечения почти всех прочих обитателей Земли. Растения перехватывают падающую солнечную энергию, но используют для фотосинтеза не более 1-2,5%. Однако солнечный свет действует на растение не только как *источник* энергии для фотосинтеза, но и как регулирующий развитие *раздражитель*, а также оказывающий *повреждающее действие*.

Растения и их части, развивающиеся на полном свету, морфологически отличаются от тенелюбивых. В связи с этим выделяют черты гелиоморфоза – формообразования под действием света. Эти черты обусловлены ксероморфными признаками, что связано с недостатком водоснабжения в сильно освещаемых местах. У теневых листьев обычно проявляются мезоморфные или гигроморфные признаки.

Побеги гелиофитов обычно более толстые, с хорошо развитой ксилемой и механической тканью. Корни их обычно более длинные, хорошо разветвленные. Прямой яркий свет тормозит рост стеблей в длину. Междоузлия светолюбивых трав нередко укорочены, что приводит к образованию розеточных форм растений. При недостатке освещенности многие растения аномально вытягиваются и приобретают бледную окраску и мелкие листья. Развившиеся в темноте побеги, вытянутые, бледные и не способные поддерживать себя в вертикальном положении называют *этиолированными*. Многие теневыносливые и тенелюбивые растения закрепили некоторую этиолированность в своей жизненной форме. Они часто имеют плагиотропные побеги, либо стелющиеся или ползучие, а некоторые имеют лежащие стебли, легко укореняющиеся при достаточной влажности.

В процессе эволюции растения приобрели способность по-разному приспосабливать свой обмен, строение и развитие к тому количеству и качеству света, которое преобладает в месте их произрастания. Разнообразие светового режима на планете огромно, поэтому разнообразны и приспособления растений к тому или иному световому режиму местообитаний. По отношению к фактору света растения подразделяются на:

1. **Гелиофиты** – светолюбивые растения, растущие в открытых местообитаниях. К ним относятся растения пустынь, степей, тундр, высокогорий, лугов, однолетники и многолетники каменистых и рудеральных местообитаний, осыпей, деревья первого яруса в лесном фитоценозе, гигрофиты с надводными листьями и т.д. Некоторые гелиофиты могут расти в слабозатененных местах – опушки лесов, лесные поляны. Облигатные гелиофиты при недостатке света погибают, так как для образования хлорофилла и нормального протекания фотосинтеза освещенность должна быть высокой, не менее 90-100%;
2. **Факультативные гелиофиты** – это **теневыносливые** виды, которые могут расти при полном дневном свете, но лучше развиваются при некотором затенении или в условиях с переменным освещением. К этой

группе относится большинство видов лесной зоны и многие комнатные растения тропического происхождения.

3. **Сциофиты** – тенелюбивые растения. Избирающие только затененные (теневые) места, в естественных условиях не растут на полном свете. Сциофиты находятся в подавленном состоянии на полном свете из-за того, что они не могут быстро производить хлорофилл, так как на свете быстро теряют воду через транспирацию и поэтому вынуждены закрывать устьица, что прекращает нормальный фотосинтез и приводит к голоду.

Вследствие этого морфологическая и анатомическая структура органов светолюбивых и тенелюбивых растений имеет приспособительные особенности для получения определенного количества света.

**Цель работы:** Путем сравнительного анализа гербарного материала выявить морфологические особенности, как характерные черты приспособлений к фактору света для светолюбивых, теневыносливых и тенелюбивых растений.

**Объекты:** гербарные образцы светолюбивых растений (луговые, лесные, степные гелиофиты); теневыносливых растений (лесо-луговые, болотные, лесные); тенелюбивых (водные, лесные сциофиты); теневые и световые листья различных деревьев. Для аналитической обработки гербарного материала стоит использовать виды одного или близкородственных родов, произрастающие в разных условиях освещенности. Например, можно подобрать виды рода *Viola* (фиалка удивительная, ф. скальная, ф. опушенная, ф. полевая, ф. горная, ф. Селькирка и т.д.); или виды рода *Campanula* (колокольчик широколистный, к. крапиволистный, к. периколистный, к. раскидистый, к. рапунцелевидный, к. сборный, к. болонский и т.д.); виды рода *Festuca* (о. луговая, о. валлиская или типчак, о. овечья, о. гигантская, о. высокая и т.д.), рода *Carex* (осока волосистая, пузырчатая, береговая, верещатниковая, ранняя, корневищная, богемская и т.д.); виды рода *Galium* (подмаренник северный, п. душистый, п. мягкий, русский, п. красильный, п. вздуто-плодный, п. цепкий и т.д.). Или использовать близкородственные виды семейств губоцветных, зонтичных, бобовых, мареновых, лилейных, сложноцветных, розоцветных, норичниковых, лютиковых, встречающиеся как в затененных лесах, так и на открытых участках лугов и степей, светлых боров или березняков и т.д.

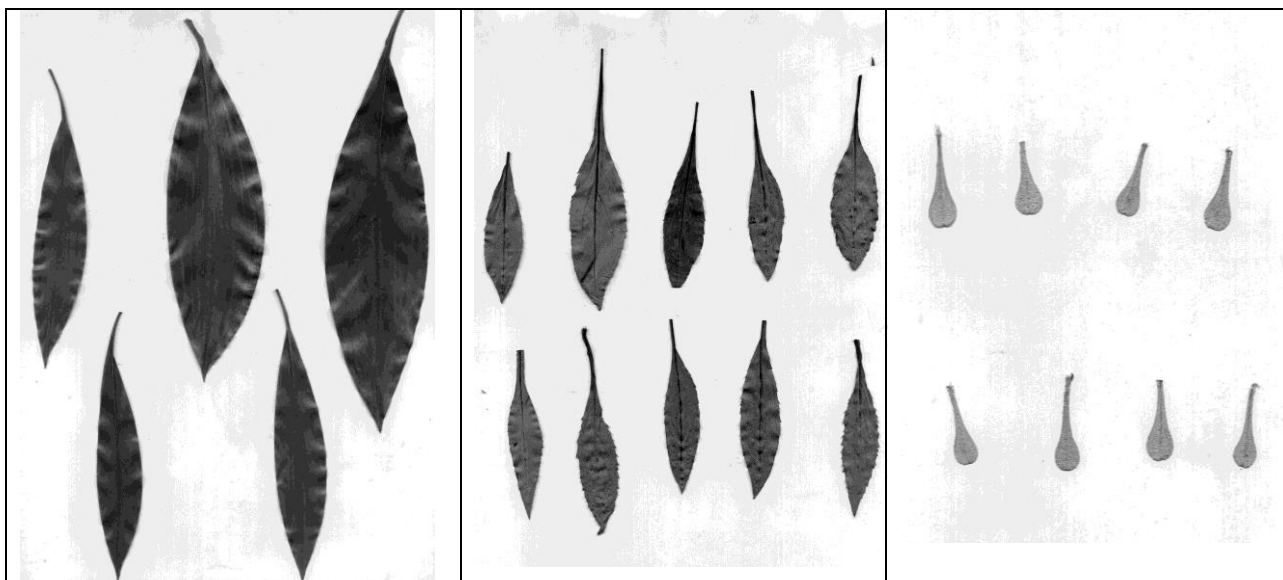


Рис.1 Разные размеры простых листьев (ландыш майский, золотарник обыкновенный, кошачья лапка двудомная)

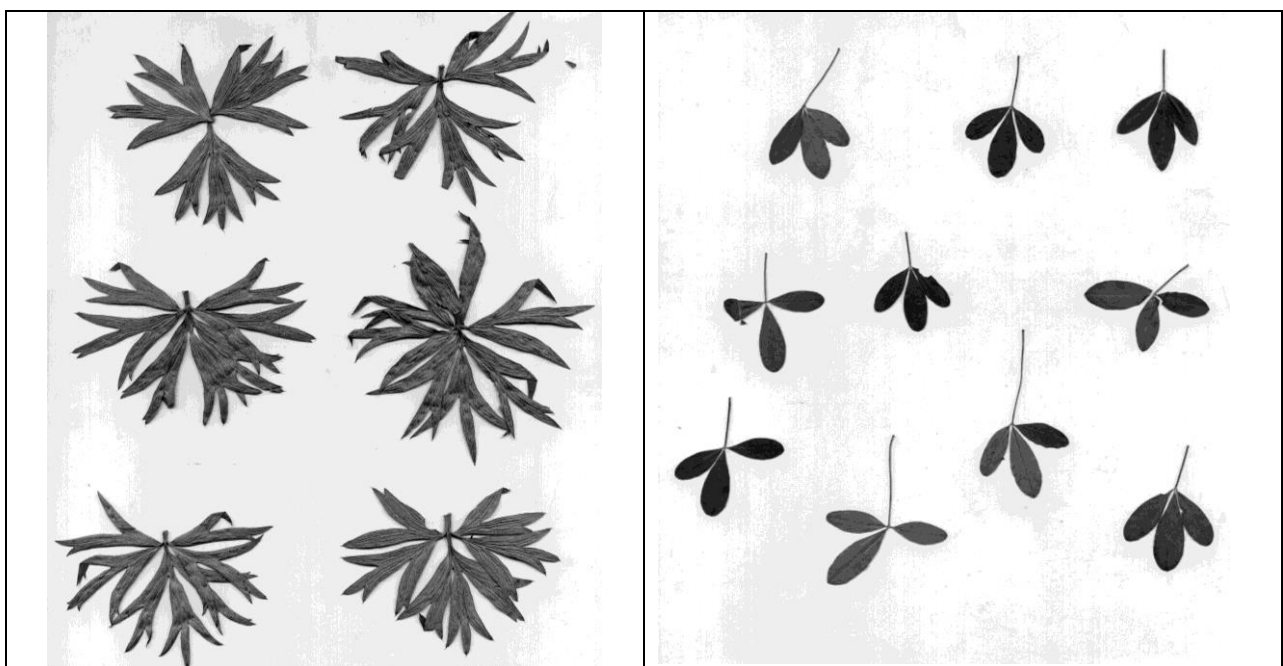


Рис.2 Разные размеры сложных листьев (прострел раскрытый, раkitник русский)

#### Порядок выполнения работы

- 1) Рассмотреть по гербарным образцам светолюбивые, теневыносливые и тенелюбивые растения, выявить различные морфологические приспособления побегов, отдельно стеблей и листьев к существованию при полном или недостаточном освещении;
- 2) Определить направления роста побегов, стеблей, листьев, толщину побегов, их развитость, прочность по наличию механических и проводящих тканей и т.д.;
- 3) Рассмотреть внимательно строение листьев, плотность покровных тканей, систему жилкования по отношению к площади листа, форму, окраску и

- направленность световых и теневых листьев у деревьев, выявить листовую мозаику и т.д.;
- 4) Определить морфологические характеристики листьев светолюбивых, теневыносливых и тенелюбивых растений – длину, ширину, площадь листа (желательно измерить 3-5 листьев, чтоб определить средние значения) с помощью миллиметровой бумаги или сканирования, используя программу leafarea.dll. Определить среднюю площадь листьев или листа (в см<sup>2</sup>) разных экологических групп и провести статистическую обработку данных. Причем, желательно использовать морфометрические характеристики 4-5 листьев, а данные усреднять (рис.1; 2);
  - 5) Определить вес сухих листьев изучаемых растений, их средние значения для каждого изучаемого вида. Далее определить средний вес листьев разных экологических групп растений, рассчитать удельную листовую поверхность – отношение площади листа (листьев) к их сухой массе (см<sup>2</sup>/г);
  - 6) Используя данные различных справочников (Определитель растений, Сосудистые растения Татарстана, Атлас сосудистых растений РТ и т.д.) в таблицу занести информацию о типе жизненной формы, характере подземных органов, фенологических особенностях, типе фитоценоза, в котором преимущественно произрастает растение и т.д., что поможет сделать выводы об экологической группе изучаемого вида;
  - 7) Занести различные морфологические и морфометрические данные в сравнительную таблицу 1.
  - 8) Сделать выводы.

Таблица 1. Морфологические и анатомические приспособления растений к фактору света у различных экологических групп растений.

Вид растения	Жизненная форма	Характер расположения побегов, направление роста, особенности стебля (опушение, наличие механических тканей, и т.д.)	Особенности листьев: окраска, тип листовой пластинки, тип волосков и характер опушения, покровы, цвет листа и т.д.	Средняя площадь листа или всех листьев растения	Средний вес листа и средняя удельная плотность листа или листьев	Экологическая группа

## Занятие 2. *Свет и его влияние на анатомическую структуру растений*

**Обоснование проблемы:** На основе анатомических особенностей вегетативных органов растений можно выявить интегральные параметры, которые будут использоваться для определения экологических групп видов. Изменение и нарушение анатомической структуры вегетативных органов, в процессе различных воздействий позволяют выявить механизмы

устойчивости растений к изменяющимся условиям среды и использовать подобные характеристики для оценки состояния видов и состояния растительных сообществ в целом.

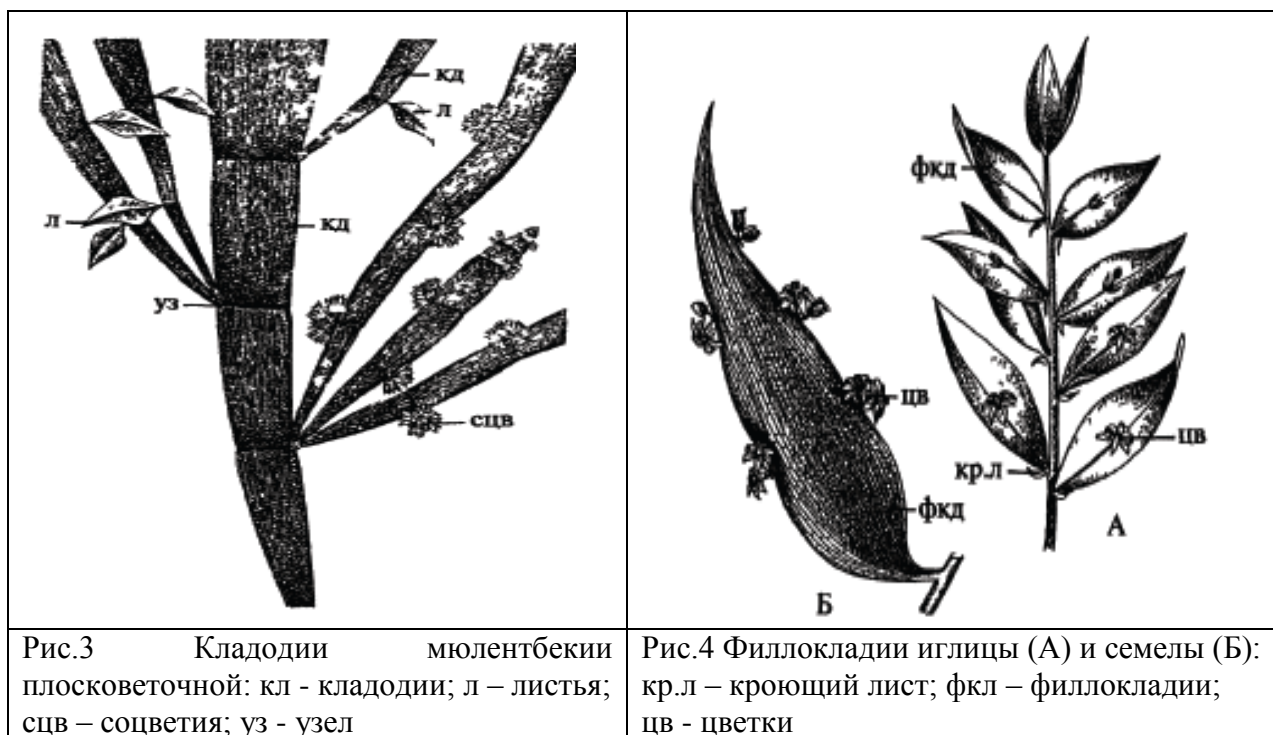
### **Краткая характеристика**

Большое количество света в определенных условиях, особенно недостатка влаги и высоких, продолжительных температур может быть вредно для растений. С одной стороны, усиление освещенности приводит к интенсификации фотосинтеза, с другой стороны яркий свет усиливает фотодыхание, которое приводит к потерям углерода и соответственно начинает тормозить накопление питательных веществ. Т.к. интенсивное и продолжительное освещение при недостатке влаги и минеральных веществ в почве приводит к нарушению обменных процессов. Для выживания в условиях недостатка влаги и минеральных веществ у растений возникают приспособления для защиты фотосинтезирующих органов от избыточного и освещения. Возникают адаптации на различном уровне: клеточном, тканевом, физиологическом, биохимическом, морфологическом, феноритмическом и фитоценотическом.

К морфологическим приспособлениям гелиофитов относят толстолистность и мелколистность или сильную расчлененность пластинки листа, вплоть до ее редукции или видоизменения. У некоторых растений побеги в процессе развития теряют листья и фотосинтезирующим органом может стать стебель, называемый кладодием. При этом у многих видов побеги, выполняющие опорную функцию сохраняют цилиндрическую форму, а фотосинтезирующие – уплощенную, но и те, и другие состоят из междоузлий и узлов, которые у кладодия выглядят как перетяжки. Это характерно для тропических растений – мюленбекии или зигокактуса (рис.3).

Кладодии, по внешнему виду сходные с листьями и образованные из боковых почек называются филлоклады. Они находятся в пазухе кроющего пленчатого или чешуевидного листа. Филлоклады довольно разнообразны по форме, например, у спаржи перистой они мелкие линейные или игольчатые, а у спаржи густоцветковой – уплощенные, линейные. Широколанцетные, кожистые филлоклады характерны для видов иглицы, встречающихся в Крыму, на Кавказе и Средиземноморье (рис. 4).

Напротив, листья тенелюбивых растений будут отличаться широколистностью и тонколистностью. К морфологическим адаптациям можно отнести и суточное изменение листовой поверхности, компасность некоторых светлюбивых растений и сложение листовой пластинки в подобие «трубочки», мозаичное расположение листьев для эффективного использования света, появление световых и теневых листьев у деревьев и некоторых трав.



Световые листья, так же как и у лесных эфемероидов появляются весной и используют весенний световой максимум (такие листья характерны для медуницы, сныти, для сирени, липы и т.д.). Летом функционируют теневые листья новых побегов возобновления, которые имеют более широкую пластинку. Разница между световыми листьями периферической части кроны и теневыми листьями, расположенными внутри, проявляется в размерах и толщине пластинки, размерах клеток эпидермы и частоте устьиц, густоте опушения, толщине палисадного слоя и даже в величине хлоропластов.

Растения, развивающиеся на свету, отличаются от теневыносливых и тенелюбивых анатомическим строением. Толщина побегов, их прочность по сравнению с этиолированными побегами тенелюбивых растений, вызвана особым анатомическим строением осевых органов. Характерными признаками *светлюбивых* будут являться – хорошее развитие проводящих тканей (ксилемы и флоэмы) и механических тканей (склеренхимы и колленхимы) в стебле. Главным образом это будет проявляться в количественном увеличении слоев клеток и большей степени отложения лигнина в клеточных оболочках. Листья *гелиофитов* имеют более толстую на поперечном срезе листовую пластинку – клетки более мелкие, количество слоев клеток мезофилла листа (особенно столбчатого) больше. Наружные стенки эпидермиса значительно толще, за счет большего отложения кутина или воска на клеточных оболочках. Часто число слоев эпидермиса увеличивается до 2-3. Лист пронизан густой сетью жилок, многие из которых имеют склеренхимную обкладку, густота жилок значительно выше у *гелиофитов*, чем у *сциофитов*. Количество устьиц также будет превышать у светлюбивых растений, это увеличивает транспирацию, соответственно сосущую силу клеток и обуславливает нормальное прохождение процесса

фотосинтеза. Иногда устьица погружены в особые устьичные камеры или просто полупогружены, как у хвоинки сосны (рис. 5, 6, 7). Эпидерма хвоинок покрыта толстым слоем кутикулы, под ней располагается 1-2 слоя толстостенной гиподермы. Устьица располагаются в углублениях эпидермиса. Мезофилл – складчатый, пронизан смоляными ходами (рис.6)

На цитологическом уровне клетки *гелиофитов* (особенно покровных и ассимиляционных тканей) также отличаются – эти приспособления связаны с дополнительной защитой от прямых солнечных лучей и ожогов. То есть гелиофиты с одной стороны имеют ряд морфологических и анатомических приспособлений к интенсивному освещению, с другой – к сопутствующей сухости воздуха и защите от обжигания прямыми солнечными лучами.

У *сциофитов* побеги могут быть крупные, но более тонкие, часто стелющиеся или приподнимающиеся, такой тип побегов связан с плохим развитием механических тканей. Листья более широкие, нежные, тонкие на поперечном срезе, как бы «раскатанные», то есть увеличивается общая площадь листовой пластинки, а площадь ассимиляционной поверхности меньше. Листовые пластинки приспособлены к усилению транспирации, клетки тканей листа тонкостенные, кутикула слабо выражена, много межклетников, клетки мезофилла крупнее, но слоев клеток (особенно столбчатого) мезофилла меньше, лучше развит губчатый мезофилл (рис. 7). Система жилкования по отношению к величине площади листовой пластинки выражена слабее. Общее количество устьиц меньше (хотя на нижнем эпидермисе их может быть и много), иногда они слегка возвышаются над поверхностью эпидермиса. Больше развиты мезофильные черты, т.к. при недостатке света увеличивается влажность воздуха. Структура листьев приспособлена к полному использованию света.

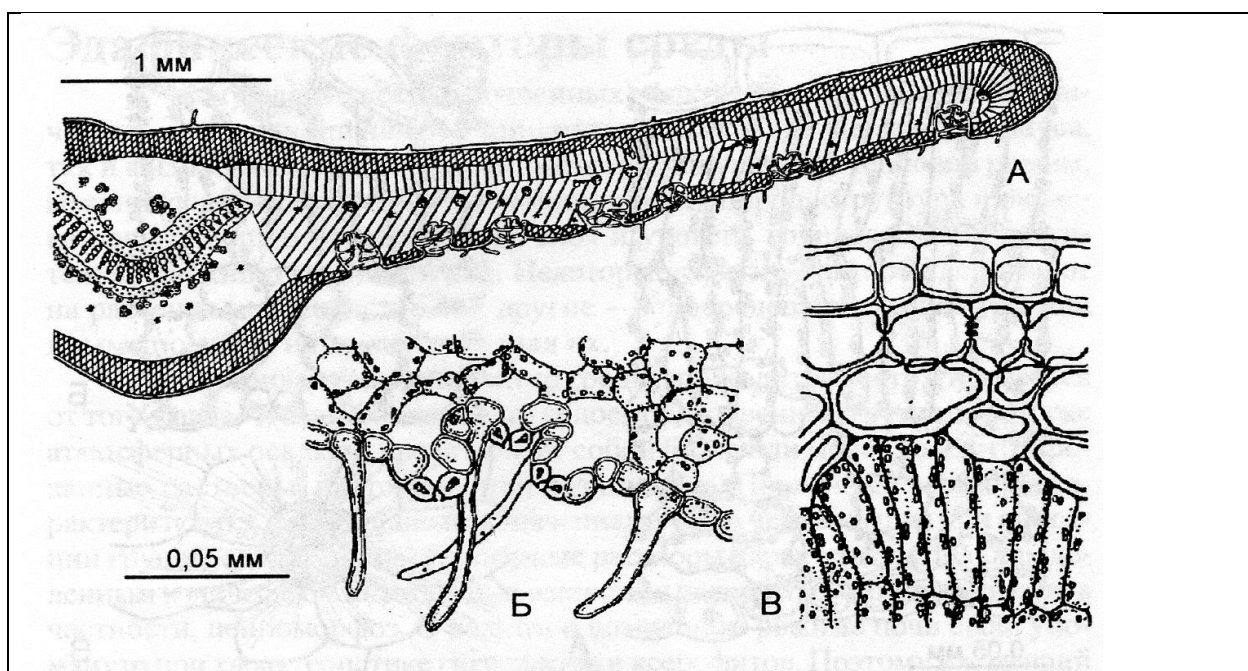


Рис. 5 Схема строения листа *Nerium oleander* (А), нижняя поверхность листа с уст. камерами (Б), верхняя поверхность листа с многослойным эпидермисом (В)



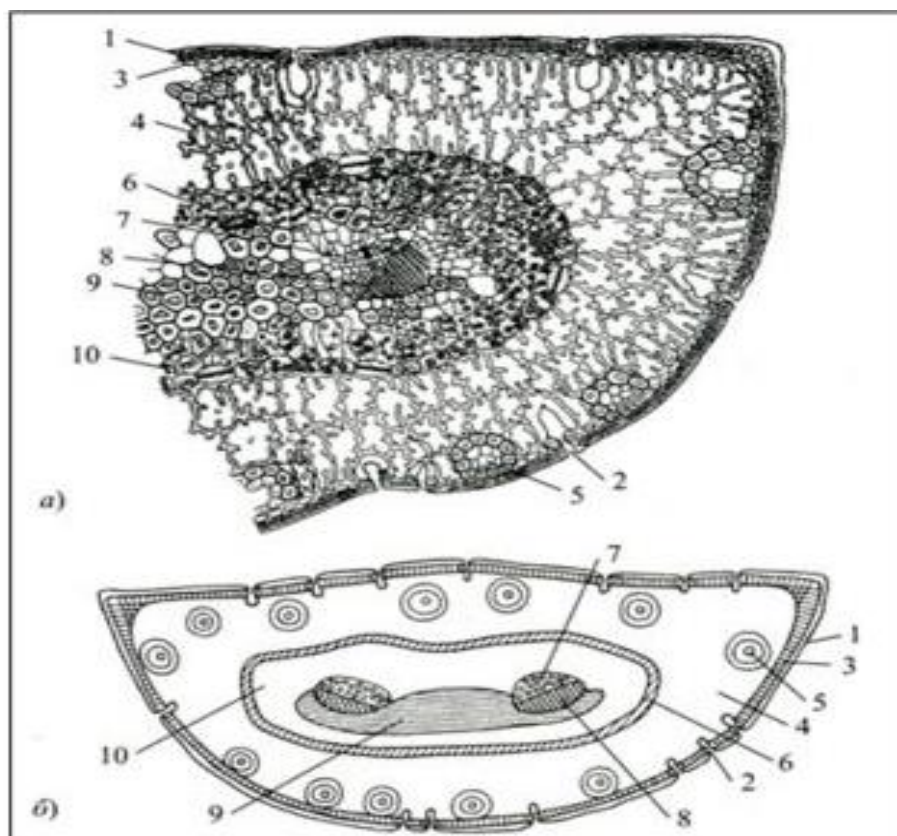


Рис. 6 Хвоинка сосны: а) поперечный срез; б) схема строения; 1 – эпидерма; 2 – устьичный аппарат; 3 – гиподерма; 4 – складчатый мезофилл; 5 – смоляной канал; 6 – эндодерма; 7 – ксилема; 8 – флоэма (7-8 – проводящий пучок); 9 – склеренхима; 10 – паренхима.

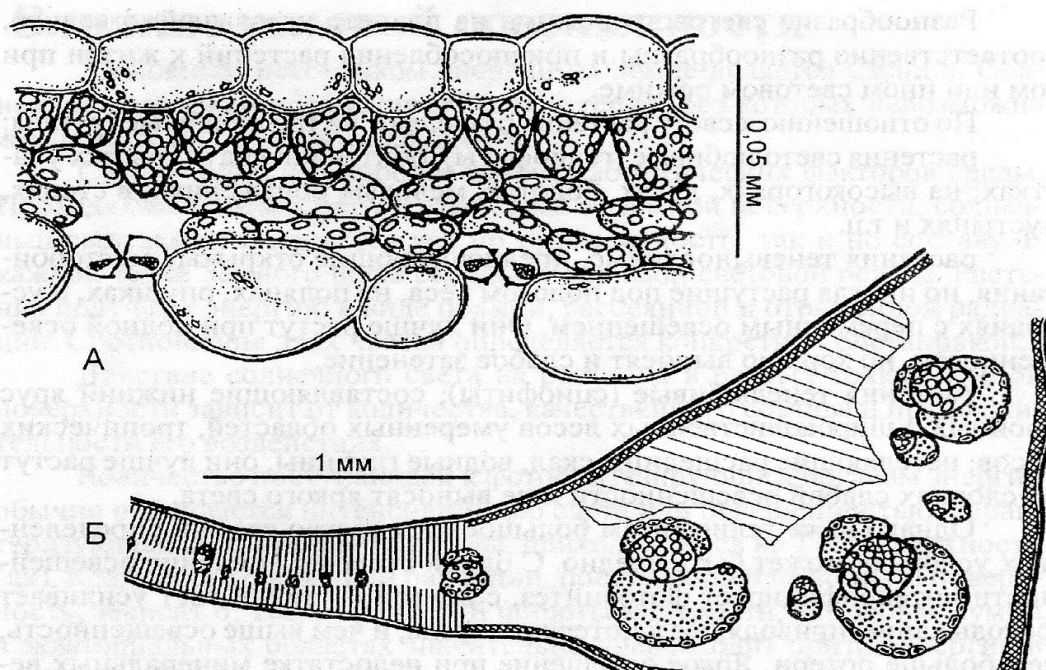


Рис. 7 Поперечный срез листа *Oxalis acetosella* (А) и *Lactuca serriola* (Б)

**Цель работы:** Путем сравнительного анатомического анализа объектов выявить черты, характерные для светолюбивых и тенелюбивых растений. Определить экологические группы, предложенных комнатных растений, по анатомическим признакам листьев.

**Объекты:** Живые листья комнатных светолюбивых и тенелюбивых растений; световые и теневые листья различных видов деревьев (клена остролистного, тополя черного, липы мелколистной, сирени и т.д.).

#### Порядок выполнения работы

- 1) Сделать поперечный срез листа в районе центральной жилки светолюбивого и тенелюбивого растения (выбрать в коллекции комнатных растений).
- 2) Измерить толщину листа, толщину столбчатого и губчатого мезофилла, сосчитать количество слагающих лист слоев клеток.
- 3) Сделать срезы эпидермиса. Для этого снять эпидермис с верхней и нижней стороны листа (гелиофита и сциофита) поместить в каплю воды или глицерина. При малом увеличении микроскопа подсчитать количество устьиц в поле зрения микроскопа.
- 4) Рассмотреть под малым увеличением микроскопа различные типы волосков у разных экологических групп, зарисовать их, по возможности сосчитать их количество в поле зрения микроскопа.
- 5) Приготовить временный препарат листа (гелиофита и сциофита) для подсчета густоты жилкования. Для этого небольшой кусочек листа в течение 3-5 минут прокипятить в 5%-ом растворе щелочи (NaOH, KOH), тщательно промыть в воде, затем поместить в каплю воды на предметное стекло, и покрыть покровным. При малом увеличении микроскопа зарисовать сеть жилок в поле зрения микроскопа.
- 6) Сделать рисунки поперечных срезов листьев светолюбивого и тенелюбивого (или теневыносливого) растений, с учетом анатомических особенностей эпидермиса и мезофилла. Выявить тип мезофилла (рыхлый не дифференцированный, дифференцированный на столбчатый и губчатый, изополисадный, и т.д.). Отдельно сделать рисунки верхнего и нижнего эпидермиса, выявить различные клетки эпидермиса – основные, околоустьичные, замыкающие (устьичные), структуру устьиц, строение волосков, наличие кутикулы и т. д. Можно сделать фотографии. На рисунках и фото дать объяснения выявленных особенностей.
- 7) Сделать выводы.

### Занятие 3. *Влияние условий влажности на морфологическую и анатомическую структуру растений*

**Обоснование проблемы:** На основе различных морфометрических параметров вегетативных органов растений и структуры жизненной формы можно выявить экологические группы растений по отношению к фактору

влажности, используемые в дальнейшем для эколого-фитоценотической индикации состояния растительных сообществ и условий увлажнения в них.

### **Краткая характеристика**

Для процессов обмена веществ, роста и развития растений, необходимо участие воды как основного растворителя (минеральные соли из почвы растение может усвоить только в растворенном виде) и метаболита (вода – основа цитоплазмы клеток и клеточного сока). Кроме того, вода в клеточном соке обуславливает тургорное давление, участвуя в поддержании определенной формы клеток и органов. Вода участвует в реакциях фотосинтеза, а в связи с большой фотосинтезирующей поверхностью растений очень много воды расходуется при транспирации, поэтому постоянно необходимо ее пополнение. Основным источником воды для наземных растений являются атмосферные осадки, однако, обеспеченность растений влагой зависит от общеклиматических условий местности, рельефа, состава и структуры почвы и др.

Способность существовать на суше в наземно-воздушной среде – результат длительной эволюции растений и длительного приспособления их к среде своего обитания. Устойчивость обводненности тела растения определяется строением и функционированием цитоплазмы всех клеток организма, структурой различных тканей, типом морфологического строения надземных и подземных органов, метаморфозами вегетативных и генеративных органов растения.

Для одних растений вода является средой обитания, у них нет приспособлений для ее удержания в тканях, такие растения называются *пойкилогидридными* (это водоросли, некоторые споровые и даже семенные виды растений). Большинство сухопутных растений приспособились к жизни в условиях определенного дефицита воды, имея различные адаптации для ее удержания и сохранения в органах, такие растения называют – *гомойогидридные*. От того, в какой степени выражены те или иные приспособления, их подразделяют на три основные группы: *мезофиты*, *ксерофиты* и *гигрофиты*.

**Мезофиты** – растения, обитающие в средних условиях увлажнения. К ним относится большинство древесных видов, лесных и луговых трав умеренной зоны, влажных тропических лесов, некоторые из них обитают и в аридных областях, это и большинство культурных растений. Как правило, мезофиты имеют довольно большой экологический диапазон к фактору влажности и способны выдерживать как кратковременное затопления, так и засушливые периоды. К мезофитам аридных областей можно отнести эфемеров и эфемероидов степей и пустынь, у которых весь цикл развития завершается еще до наступления летней, продолжительной засухи. А также фреатофиты (например, тростник – *Phragmites australis*), у которых хорошо развитая корневая система способна достигнуть уровня грунтовых вод.

**Ксерофиты** – обширная и разнообразная группа растений, обитающих в

аридных областях (степи, полупустыни, пустыни), т.е. в условиях недостаточного водоснабжения. Это растения сухих местообитаний, способные переносить значительный недостаток влаги – почвенную и атмосферную засуху. К этой группе принадлежат растения пустынь, саванн, колючих редколесий, сухих степей. Для умеренных областей ксерофиты – это растения наиболее прогреваемых и освещенных местообитаний (суходольных лугов, остепненных склонов южной экспозиции, сухих боров, степей). Большое значение для ксерофитных растений имеют разнообразные структурные приспособления (морфологические, анатомические, физиологические) к условиям недостатка влаги. По этим анатомо-морфологическим признакам выделяют 2 основные группы: *суккуленты* (листовые и стеблевые) и *склерофиты*.

**Суккуленты** произрастают, в основном, в пустынях Центральной Америки и Африки, например представители сем. кактусовые (*Cactaceae*) и молочайные (*Euphorbiaceae*). Округлая или цилиндрическая форма тела способствует снижению удельной площади испарения, а наличие ребрышек и бороздок уменьшает площадь воздействия прямых солнечных лучей. В бороздках и ложбинках создается и удерживается, благодаря переплетению колючек и волосков, микрослой с повышенной концентрацией водяных паров. Для таких растений характерно сезонное изменение объема стебля. В периоды засухи ребра сближаются, при поглощении воды – вновь расходятся.

В умеренной зоне к таким растениям принадлежат виды сем. толстянковых (*Crassulaceae*). Это многолетние, сочные, мясистые растения с хорошо развитой водозапасающей паренхимой, которая развивается в различных органах (листьях, стеблях, корнях). Основной способ преодоления засушливых условий – это накопление больших запасов воды в тканях, экономное ее расходование за счет видоизменения различных органов и тканей, обводненность клеток и тканей (95-98%), защитные приспособления для снижения транспирации. Одним из важных приспособлений является своеобразная форма надземных побегов, подземные побеги и корни развиты слабо. Утолщение листьев и стеблей и приближение их к шарообразной или цилиндрической форме приводит к снижению поверхности транспирации при сохранении довольно большой массы. Поверхность органов защищена восковым налетом, мощным опушением, кутинизацией клеток эпидермиса.

**Склерофиты** – напротив сухие, жесткие растения, у которых происходит склерофикация наземных побегов. Они отличаются высокой устойчивостью к завяданию, что достигается различными анатомо-морфологическими приспособлениями: редукция или уменьшение листовой поверхности, сбрасывание листьев, сворачивание листовых пластинок, складчатость листа, склерофикация стебля, развитие защитных покровов (отложение воска, кутина, развитость опушения, погруженность устьиц, развитие покровных и механических тканей). Корневые системы у склерофитов обычно сильно развиты, что помогает растениям увеличить поглощение почвенной влаги. Они бывают двух основных типов экстенсивные (длинные корни, распространяющиеся в большом объеме почвы, но сравнительно мало

разветвленные) и интенсивные (охватывающие небольшой объем субстрата, но очень густо ветвящиеся).

**Гигрофиты** живут на влажной почве, как правило, не затапливаются водой (или на короткий период). К важным физиологическим особенностям гигрофитов можно отнести низкое осмотическое давление клеточного сока, незначительная водоудерживающая способность, небольшие величины сублетального водного дефицита (потеря 15-20% запаса воды) приводит к необратимым последствиям. Это растения влажных местообитаний наземно-воздушной среды, не выносящие значительного водного дефицита и не обладающие способностью приспособляться к долгой засухе. Наиболее типичные представители этой группы – растения влажной и теплой атмосферы тропических лесов, тенистых широколиственных и еловых лесов умеренной зоны, пойменных и низинных лугов и т.д. Гигрофиты умеренной зоны подразделяются на тенелюбивые гигрофиты тенистых лесов и светолюбивые гигрофиты открытых мест (лугов, заболоченных полей и т.д.).

Однако вода может быть и средой обитания многих высших растений, такая среда отличается рядом существенных условий от наземно-воздушной:

1. Количество и пропорции растворенных в воде газов иные, нежели в атмосфере. Основными газами, растворенными в воде, являются кислород и углекислый газ, источником кислорода в воде являются растения, углекислый газ выделяется при дыхании растений и животных. Иногда воде присутствует метан и сероводород;
2. Годичные и суточные колебания температуры в воде гораздо меньше, чем в воздушной среде, поэтому температурный режим отличается большим постоянством;
3. Условия освещенности в воде значительно ниже;
4. Вода как среда обитания значительно плотнее воздуха. Она и поддерживает тело растений;
5. Движение воды способствует равномерному снабжению растений питательными веществами;
6. Состав растворенных веществ в водоемах различен и зависит от геологических пород, концентрации солей и т.д. В пресных водоемах реакция воды обычно нейтральная, на болотах (особенно сфагновых) – кислая, в морской воде концентрация водородных ионов подвержена меньшим колебаниям и реакция ее чаще щелочная.

В зависимости от степени погружения растений в воду различают три экологические группы водных растений: **гидатофиты** – растения, ведущие погруженный в воду образ жизни; **аэрогидатофиты** – подводные растения, часть листьев которых находится на поверхности воды; **гидрофиты** – растения, ведущие воздушно-водный образ жизни (прибрежные, часто полупогруженные в воду растения).

Морфологические особенности данных экологических групп растений состоят в следующем: большинство погруженных и плавающих растений обладают очень большой поверхностью тела по отношению к их общей массе, так как поглощение воды и растворенных в ней веществ и газов идет

через эпидермис всего тела. Чем больше площадь соприкосновения растений с окружающей водой, тем более благоприятны условия его питания и дыхания, а относительно плотная водная среда позволяет развивать такую поверхность. Эти растения имеют обычно длинные, гибкие и тонкие побеги, удлинённые, часто сильно рассечённые, тонкие листья, упрощённую или даже редуцированную корневую систему. Многим водным растениям характерна гетерофилия – разнолистность, связанная с изменением экологических условий в течение онтогенеза. Первые листья, образованные весной и погружённые в воду имеют одну форму, а более поздние, возникающие после спада воды – другую. Многолетние водные растения, как правило, развивают систему ползучих побегов – корневищ. Которые выполняют функцию запаса и вегетативного размножения, такие корневища обычно очень длинные, толстые, богатые запасными веществами, но довольно хрупкие из-за отсутствия механических тканей и больших воздушных полостей. Обычно вегетативное размножение преобладает над семенным. Во время цветения цветки выносятся над поверхностью воды, после опыления и оплодотворения цветки втягиваются в воду, плоды и семена часто созревают под водой.

**Цель работы:** Путем сравнительного анализа гербарного материала выявить морфологические особенности растений разных экологических групп по отношению к фактору увлажнения.

**Объекты:** гербарные образцы растений различных местообитаний, характеризующихся недостаточностью фактора влаги (степные, боровые виды, растения суходольных лугов, пастбищ, пустырей, открытых склонов) или напротив, переизбытком увлажнения либо околководные и водные растения.

#### Порядок выполнения работы

- 1) Рассмотреть по гербарным образцам различные виды ксерофитных, мезоксерофитных, мезофитных растений;
- 2) Выделить основные морфологические приспособления растений разных экологических групп по структуре наземных побегов – строение и площадь листьев, форма, степень рассечённости листовой пластинки, видоизменение листьев, тип опушения и т.д.;
- 3) Выявить основные морфологические приспособления в структуре стебля – положение в пространстве, форма, опушенность, жесткость или мясистость и т. д.;
- 4) Рассмотреть строение подземных органов (побегов, корней, корневых систем) – развитость и видоизмененность подземных органов, их длину, желательно выявить соотношения длины наземных и подземных органов;
- 5) Рассмотреть по гербарным образцам различные виды гигрофитных и гидрофитных растений, выделив основные морфологические

- приспособления наземных побегов к условиям повышенной влажности и водной среде по структуре стебля, листьев, соцветий, цветков и плодов;
- 6) Определить положение, форму и структуру побега, размер междоузлий, листорасположение, метаморфозы, характер покровных тканей и т.д.;
  - 7) Определить форму, толщину, размеры листьев различных формаций и надводных и подводных листьев, выделить метаморфозы;
  - 8) Рассмотреть подземные органы, определить их происхождение, выделить основные морфологические особенности – форму, окраску, толщину, наличие боковых корней и корневых волосков, структуру разветвления, общую площадь подземных органов по отношению к надземным побегам;
  - 9) Данные анализа занести в таблицу и сделать выводы.

Таблица 2. Морфологические и анатомические приспособления растений к различным условиям увлажнения.

Вид растения	Жизненная форма	Характер расположения побегов, направление роста, особенности стебля (опушение, наличие механических тканей, и т.д.)	Особенности листьев: тип листовой пластинки, рассеченность, характер опушения, гетерофилия, особенности строения листьев разных формаций, их покровы, цвет листа и т.д.)	Средняя площадь листа или всех листьев растения	Средний вес листа и удельная плотность листа или листьев	Экологическая группа

#### Занятие 4. *Влияние условий освещенности и влажности на анатомическую структуру растений*

**Обоснование проблемы:** Анатомическое строение растений в связи с водным режимом местообитаний, на примере анатомического строения стебля, листа и корня различных экологических групп, позволяет использовать анатомические характеристики органов и их нарушения для определения механизмов устойчивости растений к изменяющимся условиям среды

#### **Краткая характеристика**

В анатомии органов растений первоначально необходимо выделять основные системы тканей – покровных, основных и проводящих. Особое внимание следует оказывать строению центрального цилиндра, который представляет собой комплексную систему проводящих и основных тканей и



определять тип стелы. Обратить внимание на развитость основных систем у различных экологических групп растений и их соотношение.

На готовом или временном препарате стебля или листа следует рассмотреть все типы тканей (покровную, механическую, проводящую, основные – водозапасающие, аэренхимные или воздухоносные, ассимиляционные) выявить их особенности.

Мезоморфная организация листа подразумевает развитие крупноклеточной эпидермы, включающей большое число устьиц (например, 200-250 на 1 мм<sup>2</sup> у *Trifolium pratense*). Клетки эпидермы распластанные, часто имеют извилистые антиклинальные клеточные стенки. Мезофилл четко дифференцирован на плотный палисадный и рыхлый губчатый (рис.8; 9). Иногда выделяют группы *гигромезофитов* и *ксеромезофитов*, которые отличаются от типичных мезофитов толщиной кутикулы и наружных стенок эпидермы, размерами клеток, частотой и густотой устьиц, плотностью мезофилла и развитием механических тканей.

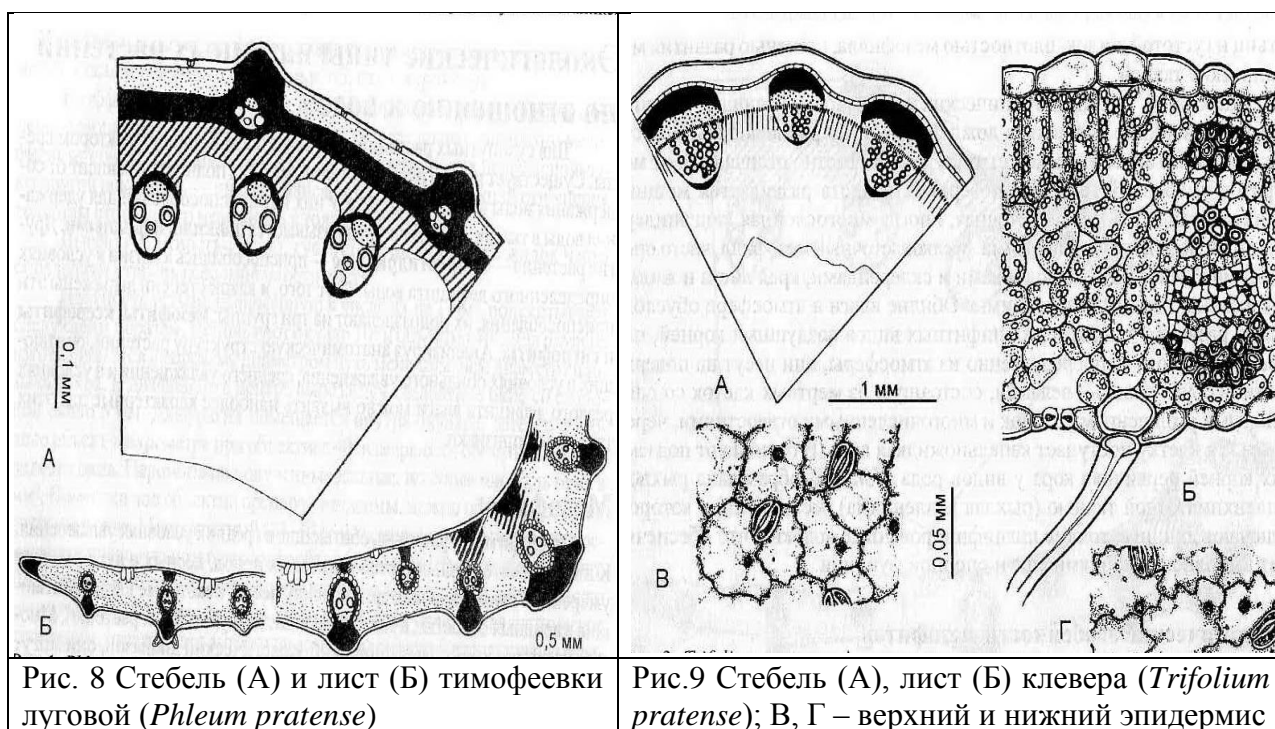


Рис. 8 Стебель (А) и лист (Б) тимфеевки луговой (*Phleum pratense*)

Рис.9 Стебель (А), лист (Б) клевера (*Trifolium pratense*); В, Г – верхний и нижний эпидермис

Мезофиты влажных тропических лесов (некоторые комнатные растения) отличаются более жесткими листьями, что обусловлено защитой от проливных дождей. На поверхности таких листьев развивается мощная кутикула, эпидерма мелкоклеточная, иногда образуется гиподерма. Мезофилл листа более мелкоклеточный, пронизанный тяжами склеренхимы.

Покровные ткани ксерофитов будут отличаться большей прочностью, наличием кутикулы, воска, опушения, более утолщенной клеточной оболочкой, большим количеством устьиц (рис.10; 11). Покровные ткани мезофитов и гигрофитов имеют усредненные признаки, больше связанные с фактором света.



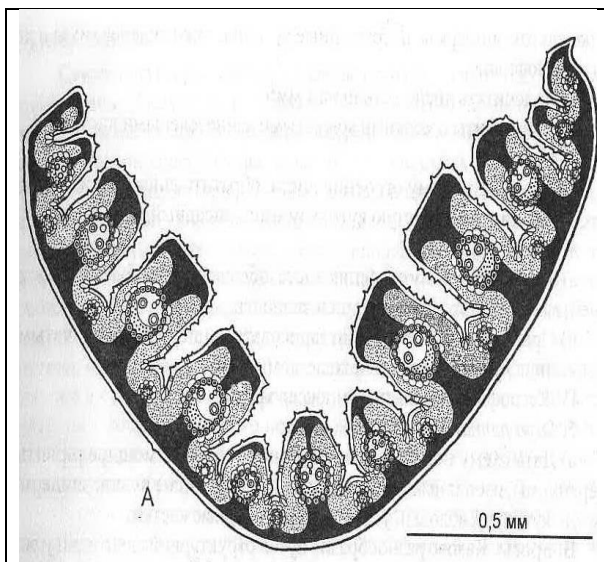


Рис.10 Схема строения листовой пластинки ковыля (*Stipa pennata*)

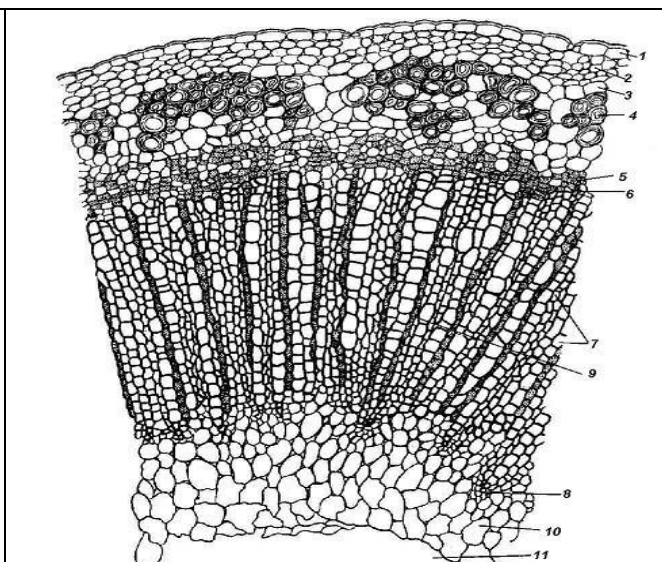


Рис.11 Стебель льна (*Linum flavum*): 1-эпидермис с кутикулой; 2;3-коровая паренхима; 4-склеренхимные волокна; 5-лубяная паренхима; 6-камбий; 7-вторичная древесина; 8-первичная древесина; 9-сердцевинные лучи; 10-сердцевина, 11-воздушная полость

Механические ткани в большей степени будут развиты у ксерофитных и мезоксерофитных видов растений, причем в большей степени будет развита мертвая механическая ткань – склеренхима (рис. 10). Склерофиты будут иметь наибольшую склерофикацию, представленную в виде участков склеренхимы вокруг жилок листа или цельного склеренхимного кольца вокруг центрального цилиндра в стебле, а также некоторой склерофикации основных тканей – утолщение клеточной оболочки клеток паренхимы. Соотношение склерофицированных клеток будет тем больше, чем засушливее местообитание.

У суккулентов низкая концентрация клеточного сока позволяет поглощать лишь легко доступную дождевую влагу. Но отдают воду они с большим трудом, т.к. основная масса воды связанная. А клеточный сок содержит большое количество легкорастворимых и низкомолекулярных веществ или нерастворимых гидрофильных соединений – слизи, повышающих водоудерживающую способность клеток (рис.12). У некоторых суккулентных видов (филлокактус) развивается сеть слизевых вместилищ. Проводящая система слабая, образована небольшим числом мелких проводящих пучков, механические ткани развиты плохо

У мезофитов в большей степени будет развита живая механическая ткань колленхима, хотя склеренхима также встречается, вокруг или сверху проводящих пучков (рис.8). Механическая ткань у гидрофитов и гидатофитов может отсутствовать полностью или встречаться небольшими участками в первичной коре вокруг проводящих пучков или в центральном цилиндре.

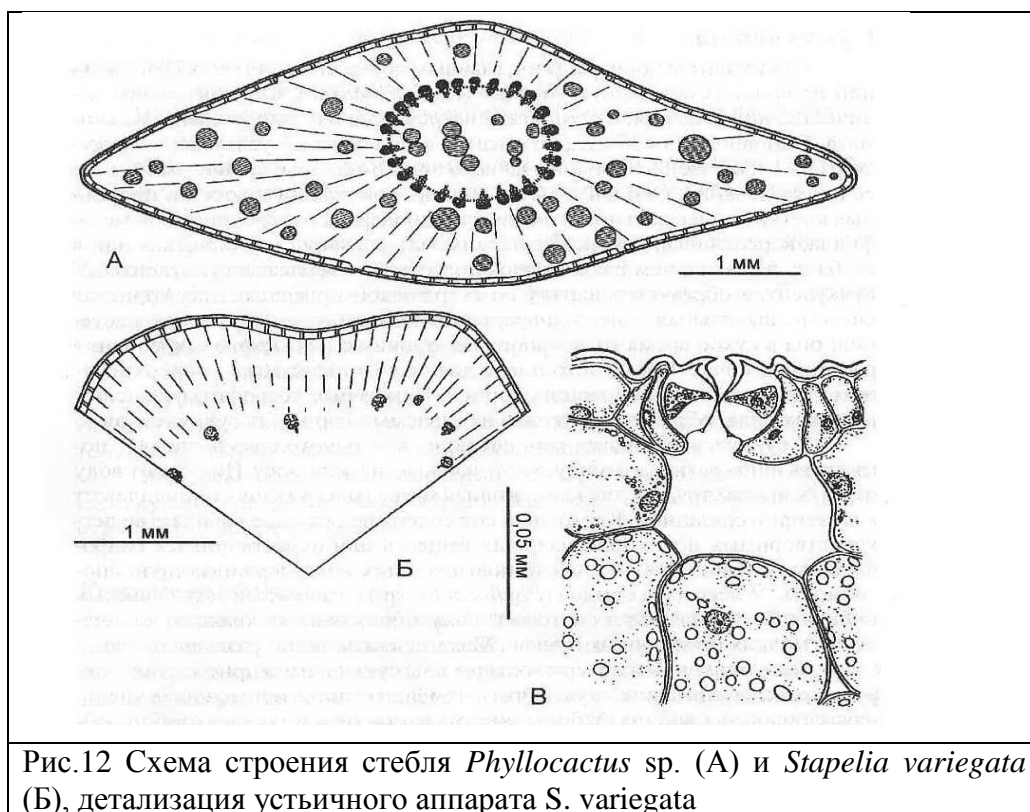


Рис.12 Схема строения стебля *Phyllocactus* sp. (A) и *Stapelia variegata* (Б), детализация устьичного аппарата *S. variegata*

Большое значение в структуре стебля будут иметь запасные основные ткани. У суккулентов сильно развита водозапасающая паренхима (рис. 12), а у гигрофитных, гидрофитных и гидатофитных растений хорошо развита воздухоносная паренхима или аэренхима, а также система воздушных полостей (рис.13-16).

Эпидермис гидрофитных растений будет отличаться отсутствием кутикулы, воскового налета, волосков – защитных образований, у подводных листьев он лишен устьиц, однако способен ослезняться, что способствует уменьшению трения при движении воды и предохраняет клетки от выщелачивания. Иное строение покровных тканей можно увидеть у плавающих на поверхности воды листьев, где образуются многочисленные устьица, обеспечивающие газообмен с воздушной средой. Поверхность листа покрыта кутикулой, поэтому она глянцевая, плохо смачивается и предохраняет устьица от воды. Количество устьиц, у плавающих листьев гидрофитов или гидатофитов довольно значительно – например, у кувшинки их 450-500 шт. на 1 мм<sup>2</sup>. Как правило, устьица всегда открыты (пример, стрелолист обыкновенный – рис.13 и рдест плавающий – рис.14), что обеспечивает интенсивность транспирации.

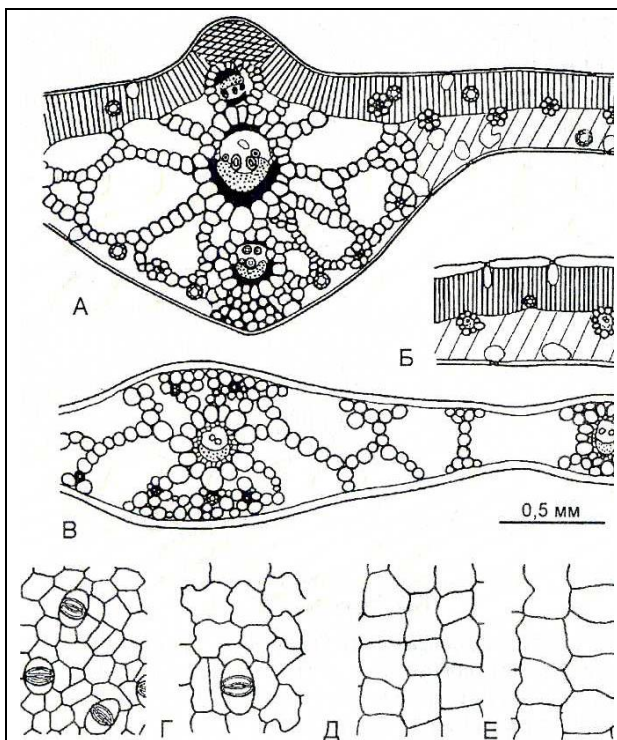


Рис. 13 Схема строения надводного (А), плавающего (Б) и подводного (В) листьев; верхний и нижний эпидермис плавающего (Г, Д) и подводного (Е, Ж) листьев

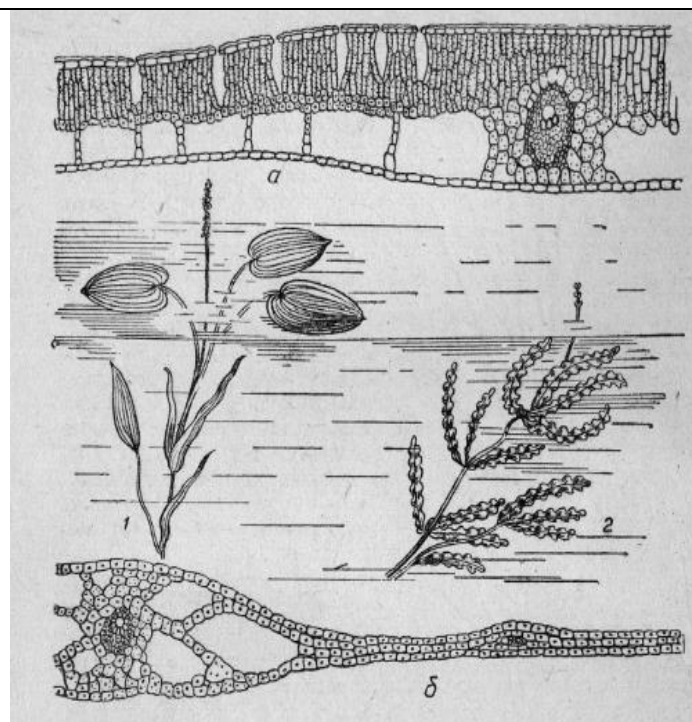


Рис.14 Побеги рдеста плавающего (1) и рдеста курчавого (2); поперечные срезы листьев: а – плавающего листа ; б – подводного листа

Подводные листья лишены устьиц (рис.13), в мезофилле хорошо развита система межклетников, формирующих полости, заполненные воздухом и окруженные живыми паренхимными клетками. Редко отмечаются единичные устьица на листьях некоторых рдестов, которые регулируют газовое давления внутри тела растения.

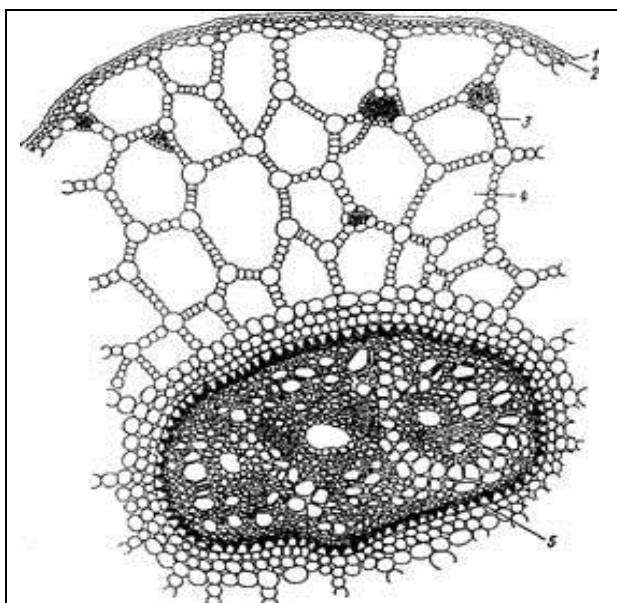


Рис.15 Стебель рдеста (*Potamogeton lucens*): 1- кутикула; 2- эпидермис; 3- аэренхима; 4 – воздушные полости; 5 – ц. цилиндр

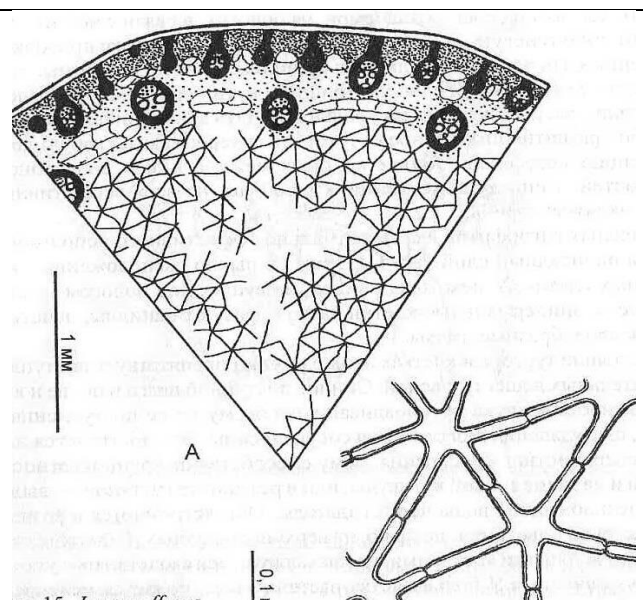


Рис.16 Стебель ситника (*Juncus effusus*): А – схема строения стебля и детализация звездчатых клеток аэренхимы

Проводящая ткань наиболее хорошо развита у ксерофитов (рис. 10-11) и мезофитов (рис. 8-9), в этом случае центральный цилиндр стебля по отношению к первичной коре и эпидермису будет занимать около 70-90% всей толщи тканей. Напротив, у гидрофитов и особенно гидатофитов проводящая система будет развита крайне слабо (рис. 15-16).

**Цель работы:** Познакомиться с особенностями анатомического строения стебля и листьев мезофитов, склерофитов, суккулентов, гидрофитов и гидрофитов. Выделить основные приспособления анатомической структуры растений к фактору влаги.

**Объекты:** 1. Готовые препараты стеблей кирказона, купены, пальчатокоренника пятнистого, клевера, ржи, льна, кенафы, рдеста, корневища ландыша, папоротника;  
2. Временные препараты стебля сныти, очитка, амарилиса, ципируса;  
3. Готовые препараты корня ириса, редьки, моркови, воздушного корня орхидеи.

#### Порядок выполнения работы

1. Сделать поперечные срезы стебля растений различных экологических групп и приготовить временные препараты.
2. Рассмотреть и зарисовать подготовленные препараты стебля и указать основные системы тканей и их соотношение, определить различные типы тканей и указать особенности их строения.
3. Рассмотреть готовые препараты стебля растений различных экологических групп, под большим увеличением рассмотреть особенности строения различных тканей, систем и их соотношение.
4. Рассмотреть готовые препараты подземных органов корневищ и корней разных экологических групп растений;
5. Зарисовать готовые препараты и сделать пояснительные записи с указанием типов и систем тканей (покровных, основных проводящих);
6. Следует указать расположение и соотношение различных систем и типов тканей в стебле и корне (или корневище) у растений различных экологических групп.
7. Определить объем центрального цилиндра осевых органов и его отношение ко всему объему стебля или корня. Выделить живые и мертвые ткани, их соотношение у разных экологических групп.
8. Провести сравнительный анализ анатомической структуры стеблей и подземных органов (корней и корневищ) различных экологических групп растений
9. Сделать выводы.

#### Занятие 5. *Влияние температуры на морфологическую и анатомическую*

## *структуру растений*

**Обоснование проблемы:** На основе разных морфометрических и анатомических параметров вегетативных органов и особенностях структуры жизненной формы растений в различных условиях теплового баланса местообитаний можно выявить не только экологические группы растений, но и разные адаптационные возможности растений к условиям потепления, либо похолодания климата.

### **Краткая характеристика**

Роль тепла в жизни растений многообразна. Оно влияет практически на все процессы жизнедеятельности – фотосинтез, дыхание, транспирацию, прорастание семян, рост побегов, цветение и многие другие. Разные виды предъявляют к теплу неодинаковые требования, поэтому разнообразие тепловых условий на планете во многом определяет границы ареалов, топографическое размещение, а также зональную структуру растительности.

Растения – это **пойкилотермные** организмы, то есть температура их тела определяется температурой среды, но днем их органы часто нагреваются выше температуры воздуха, температура их может существенно превысить окружающую, при этом отдельные ткани и органы растений имеют различные температурные характеристики. Выделяют следующие группы растений по соответствию их температуры и температуры воздуха местообитаний: 1) **супратемпературные** виды с температурой выше температуры окружающего воздуха; 2) **субтемпературные** растения – с температурой ниже температуры воздуха; 3) растения с температурой, очень близкой к температуре среды.

Анатомо-морфологические приспособления растений, предотвращающие перегрев примерно такие же, как и к переизбытку солнечной радиации и недостатку влажности. Это блестящая поверхность и густое опушение, придающее листьям светлую окраску, и усиливающее их способность к отражению; уменьшение поверхности тела, поглощающей радиацию и свертывание листовых пластинок; общая редукция листовой поверхности и т. д. Эти же особенности строения одновременно способствуют уменьшению потери воды растением при высокой освещенности.

Анатомо-морфологические адаптации защищающие растения от холода – это опушение почечных чешуй, зимнее засмоление почек (у хвойных), утолщенный пробковый слой, толстая кутикула, опушение листьев и т. д. Многие травянистые многолетники, кустарники и кустарнички холодных местообитаний имеют невысокие побеги, сильно сближенные междоузлия, очень мелкие листья (явление нанизма или карликовости), а также отмечается изменение формы роста – переход от ортотропного к плагиотропному типу, образование стелющихся форм – стланцев, стлаников.

Низкие температуры, достаточное количество осадков в тундре, на



верховых и переходных болотах таежной и подтаежной зон создают условия для произрастания особой группы растений – **психрофитов**. К этой группе относятся вечнозеленые, зимнезеленные и листопадные виды, обладающие первичной зимостойкостью, обусловленной накоплением углеводов, благодаря которым вода в тканях растений замерзает без кристаллизации, а фотосинтез идет при низких температурах. К ним относятся бореальные и болотные кустарники и кустарнички: береза приземистая – *Betula humilis*, ива лопарская – *Salix lapponum*, и. черниковидная – *S. myrtilloides*, и. филиколистная – *S. phylicifolia*, вереск обыкновенный – *Calluna vulgaris*, водяника черная – *Empetrum nigrum*. К психрофитам можно отнести и кустарнички еловых и елово-сосновых бореальных лесов – бруснику и толокнянку (*Vaccinium vitis-idea*, *Arctostaphylos uva-ursi*), которые являются зимнезелеными растениями. Вечнозеленность и зимнезеленность удлиняют период фотосинтетической активности растений. Низкие температуры, сильные ветра, пониженное содержание углекислого газа в окружающей наземной среде, недостаток элементов минерального питания в почве, особенно азота, кислотность, создают условия, в которых рост надземных частей растения замедляется, междоузлия укорачиваются, растения становятся карликовым или принимает вид шпалерного кустарника. У листопадных видов психрофитов листья тоньше и мягче, часто опушенные, у зимнезеленных злаков и осок развиваются узкие листья, которые в неблагоприятных условиях сворачиваются в трубочку (например, листья *Carex lasiocarpa* – рис.17).

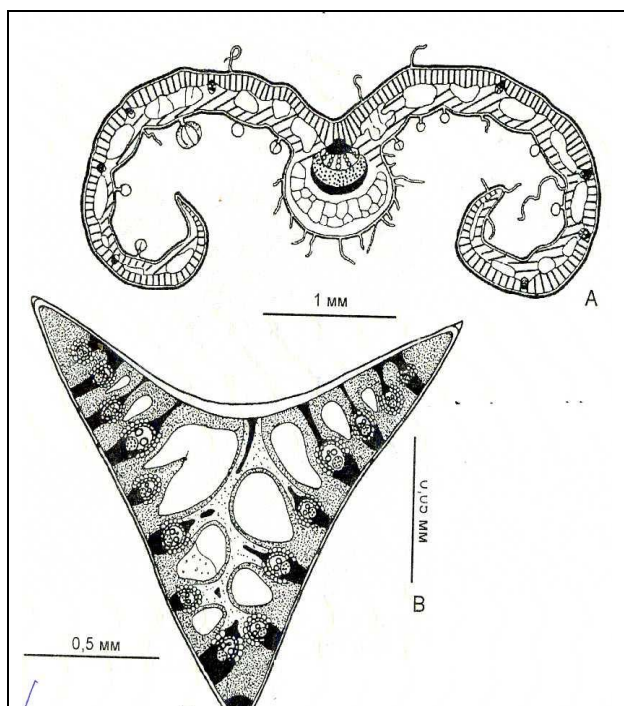


Рис.17 *Ledum palustre*. Схема поперечного среза листа (А); *Carex lasiocarpa* (В) схема поперечного среза листа

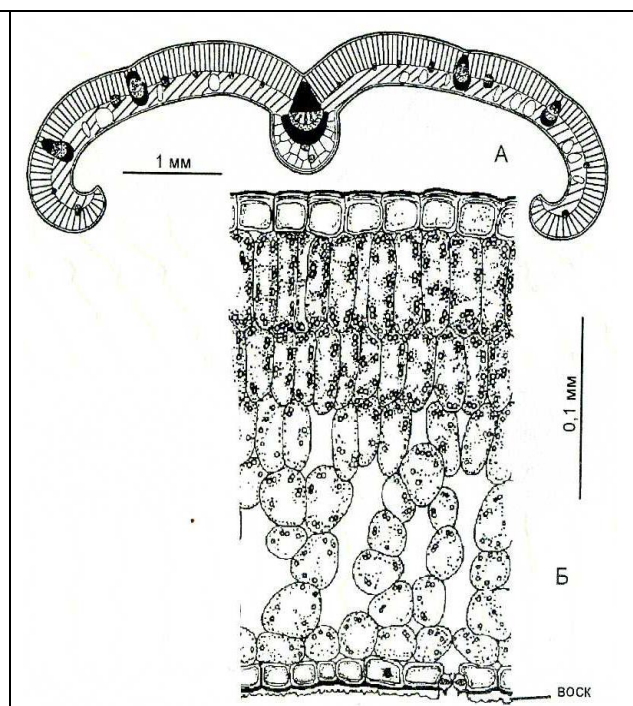


Рис.18 *Andromeda polifolia*. Схема листовой пластинки (А) и детализация поперечного среза листа (Б)

Болотные кустарнички нередко причисляются к особой группе **оксилофитов** (ацидофилов), которыми часто называют растения сфагновых болот. Медленное разложение органики на сфагновых болотах вследствие низких температур, слабая микробиологическая активность приводит к накоплению торфа, характеризующегося низким уровнем **pH** из-за большого количества органических кислот. На таких кислых и холодных субстратах развиваются различные виды кустарничков: багульник болотный – *Ledum palustre*, подбел многолистный – *Andromeda polifolia*, болотный мирт – *Chamaedaphne calyculata*, клюква обыкновенная – *Oxycoccus palustris* (рис. 17-18).

Анатомическое строение листьев психрофитов – это разные приспособления к целому комплексу факторов, действующих в равной мере: воды, низких температур, ее резких колебаний в течение дня, недостатка питательных веществ в почвенной влаге, обилия солнечной радиации. Низкие температуры и высокая влажность замедляют транспирацию, вследствие чего снижается поступление минеральных веществ, что приводит к торможению растяжения клеток, их дифференциации на ткани и соответственно, уменьшению роста и мелколистности. Однако анатомо-морфологическая структура листьев психрофитов (рис.17-18) оказывается выгодной для растений холодных и влажных местообитаний, особенно когда они испытывают дефицит влаги при подсыхании верхних слоев торфа, сильных ветрах и зимнего холода. Для уменьшения водоотдачи и предотвращения солнечных «ожогов» тканей листья защищены воском и толстой кутикулой, устьица располагаются ниже уровня покровных клеток.

Завернутые вниз края листа, иногда сближающиеся до образования замкнутой полости, защищая устьица нижней эпидермы, и создаются условия поддержания влажности воздуха внизу листа либо внутри листовой камеры. Нижняя сторона листьев часто покрыта многочисленными волосками, которые сохраняют более влажный микрослой воздуха и препятствуют образованию водяной пленки над устьицами, обеспечивая им свободный газообмен. Обилие света приводит к дифференциации мезофилла на плотный столбчатый слой и рыхлый губчатый, как у гелиофитов. Образование крупных воздухоносных полостей в листе и стебле является следствием кислородного голодания, вызванного обилием воды в субстрате, при этом механические ткани часто развиты слабо.

Подобные анатомические особенности вегетативных органов характерны и для травянистых листопадных многолетников, приуроченных к сфагновым болотам, например для стеблей и листьев пальчатокоренника пятнистого – *Dactylorhiza maculata* (рис.19-20). Причем анатомические характеристики вегетативных органов изменяются в процессе онтогенеза растений и по их особенностям можно выделить различные онтогенетические (возрастные) группы: прегенеративный период – ювенильные, имматурные, виргинильные особи; репродуктивный период – молодые, зрелые, старые генеративные особи; пострепродуктивный период – субсенильные и сенильные растения.

<p>Стебель: 1-эпидерма; 2-проводящие пучки; 3-эпидерма влагалища листа; 4-проводящие пучки вл.листа; 5-клетки с рафидами</p>	<p>Стебель: 1-первичная кора; 2-центральный цилиндр; 3-эпидерма стебля; 4- перициклическое кольцо; 5-проводящие пучки; 6-синтетические проводящие пучки; 7-клетки с рафидами; 8-воздушная полость</p>
<p>Лист: 1-верхняя эпидерма; 2- нижняя эпидерма; 3-мезофилл; 4-проводящие пучки; 5-ксилема; 6-флоэма; 7-воздушная полость</p>	<p>Лист: 1-верхняя эпидерма; 2-нижняя эпидерма; 3-мезофилл; 4-проводящие пучки; 5-ксилема; 6-флоэма; 7-воздушная полость; 8-устьице; 9-подуст.полость; 10-клетки с рафидами; 11-обкладка ц.жилки</p>
<p>Рис. 19 Поперечный срез стебля и листа <i>D. maculata</i> (ювенильная особь)</p>	<p>Рис. 20 Поперечный срез стебля и листа <i>D. maculata</i> (генеративная особь)</p>

**Цель работы:** Познакомиться с особенностями морфологического и анатомического строения стебля и листьев психрофитов и гигрофитов болотных экосистем. Выделить основные приспособления анатомической структуры растений к комплексу факторов болот. Выявить интегральные анатомические характеристики разных возрастных групп растений.

**Объекты:** 1. Готовые препараты стебля и листа *Dactylorhiza maculata* разных онтогенетических групп;  
2. Фиксированные листья бореальных и болотных психрофитов – брусники и толокнянки (*Vaccinium vitis-idea*, *Arctostaphylos uva-ursi*), багульника болотного, мирта болотного и клюквы обыкновенной (*Ledum palustre*, *Chamaedaphne calyculata*, *Oxycoccus palustris*).



### Порядок выполнения работы

1. Сделать поперечные срезы фиксированных листьев психрофитов и приготовить временные препараты (можно добавить краситель – который хорошо окрасит мертвые клетки проводящих и механических элементов);
2. Рассмотреть и зарисовать подготовленные препараты листьев и указать основные системы тканей и их соотношение, определить различные типы тканей и указать особенности их строения;
3. Рассмотреть готовые препараты стебля и листа пальчатокоренника пятнистого, под большим увеличением рассмотреть особенности строения различных тканей, систем и их соотношение;
4. Сделать рисунки анатомического строения листа, на основе подготовленных временных препаратах, с характеристиками выявленных анатомических особенностей;
5. Зарисовать готовые препараты стебля и листа, предложенных возрастных групп *D. maculata* и сделать пояснительные записи с указанием типов и систем тканей (покровных, основных, проводящих);
6. Провести сравнительный анализ анатомической структуры стебля и листа разных возрастных групп *D. maculata*, выявить интегральные параметры и заполнить таблицу;
7. Сделать выводы.

Таблица 3 Анатомические характеристики стебля и листа *D. maculata*

Возрастная группа	Анатомия стебля	Анатомия листа
	1.диаметр стебля 2.особенности эпидермы; 3. особенности паренхимы первичной коры; 4.особенности строения центрального цилиндра количество и особенности проводящих пучков; 5. структура перицикла; 6. количество и размер воздушных полостей; 7. количество клеток с рафидами	1.длина и ширина листа; 2.особенности верхнего и нижнего эпидермиса; 3. количество устьиц; 4.особенности мезофилла; 5. особенности строения центральной жилки; 6. тип и количество проводящих пучков в мезофилле листа; 7. наличие и количество воздухоносных полостей и клеток с рафидами

## **Раздел II: Определение стабильности развития репродуктивных и вегетативных органов растений в различных условиях природопользования**

### **Занятие 6. *Влияние железной дороги на морфометрические характеристики семян сорных растений***

**Обоснование проблемы:** В условиях антропогенных воздействий (определенной длительности и интенсивности) выявляются нарушения морфометрических характеристик репродуктивных органов растений, что приводит к ухудшению жизнеспособности растений в разных условиях природопользования. Влияние железной дороги на прилегающую растительность, оказывает существенное влияние, что может проявляться в размерных характеристиках семян различных видов растений.

#### **Краткая характеристика**

Ведущим видом транспорта в нашей стране является железнодорожный. Любая железная дорога представляет собой отчужденную у природной среды полосу, искусственно приспособленную к движению поездов. Для природного ландшафта железная дорога является чужеродным элементом. Влияние железнодорожного транспорта проявляется загрязнением воздушной, водной среды и земель при строительстве и эксплуатации дорог.

Можно выделить несколько специфических особенностей этого влияния на окружающую среду: 1. На железных дорогах для обслуживания работы подвижного состава расположено большое количество ремонтных, заводов, котельных. Выбросы в атмосферу предприятий железнодорожного транспорта содержат: пыль, сажу, окись углерода, диоксид серы, диоксид азота, а также пары кислот и щелочей, фтористые соединения, сероводороды и т.д. При мойке составов в депо образуются значительные объемы стоков, содержащих нефтепродукты, кислоты, щелочи, тяжелые металлы (Ni, Cr, Cu) и СПАВ. 2. Загрязнение поверхности земли за счет замусоривания железнодорожного полотна, загрязнение нефтью, нефтепродуктами, топливом, смазочными материалами, повышение пожароопасности. 3. Увеличение шума и вибрации. Интенсивное движение поездов вблизи линий жилой застройки ухудшает акустический климат населённых пунктов. При распространении шума на территории поселка предусматриваются специальные градостроительные меры: в зоне, примыкающей к железной дороге, располагают гаражи, автостоянки, склады, защитные полосы озеленения, устраивают протяженные акустические экраны и т.д. 4. Ионизирующее излучение – потоки частиц и квантов электромагнитного излучения, приводят к ионизации и возбуждению атомов и молекул. На железнодорожном транспорте источником ионизирующего излучения является перевозка радиоактивных грузов, например, гранита; 5. За счет

повышения температуры вдоль железнодорожного полотна увеличивается опасность возникновения пожаров, как в полосе отчуждения, так и близко расположенных растительных сообществ.

**Цель работы:** используя морфометрические показатели репродуктивных органов растений (цветок, соцветие, плод, семя) собранных у разных видов в различных условиях антропогенной нарушенности определить стабильность развития репродуктивного органа методами матстатистики.

**Объекты:** семена сорных растений, собранные из разных мест обитания, отличающихся друг от друга степенью антропогенной нагрузки (семена клоповника многоцветкового и лопуха паутинистого). Места сбора 1 – пригородная лесопарковая зона – луг, благоприятные условия; 2 – обочина железной дороги – крайне неблагоприятные условия.

**Таблица 1 Длина семян клоповника многоцветкового в мм, территория возле железнодорожного полотна**

№ десятка/число семян	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение
1	6,0	5,7	5,5	5,6	5,7	5,6	6,0	5,6	5,8	5,5	
2	5,4	5,7	4,9	5,5	5,3	4,5	4,9	5,5	5,1	5,5	
3	5,6	5,7	5,1	5,2	5,6	5,4	5,9	5,5	5,7	5,3	
4	4,9	5,0	5,8	5,5	5,1	5,2	5,0	5,4	5,2	5,6	
5	5,6	4,9	5,1	5,4	5,2	4,8	5,6	5,2	5,7	5,0	

**Таблица 2 Ширина семян клоповника многоцветкового в мм, возле железнодорожного полотна**

№ десятка/число семян	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение
1	4,6	4,3	4,0	4,2	3,9	4,0	4,5	4,1	4,4	3,8	
2	3,7	4,0	3,6	4,1	3,8	3,6	3,7	4,1	3,8	4,3	
3	4,2	4,3	3,9	3,9	4,2	4,0	4,5	4,1	4,2	3,9	
4	3,6	3,6	4,2	4,0	3,6	3,7	3,6	4,0	3,8	4,3	
5	4,1	3,6	3,7	4,0	4,0	3,5	4,3	4,0	4,3	3,9	

1. Определите площадь каждого семени, занесите в таблицу;
2. Определите средние значения длины, ширины, площади семян на эталонном участке;

**Таблица 3 Длина семян клоповника многоцветкового в мм; территория пригородной зоны.**

№ десятка/число семян	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение
1	5,2	5,1	5,1	6,1	4,6	5,0	5,6	4,9	6,3	5,6	
2	6,2	4,8	5,0	5,5	5,3	5,0	5,6	5,7	5,9	4,7	
3	6,4	6,2	5,4	5,0	4,7	5,2	6,3	6,1	5,4	5,9	
4	4,8	6,0	5,8	6,4	4,7	5,3	5,2	5,7	4,9	5,2	
5	5,2	5,4	6,2	5,1	5,9	4,5	5,2	4,6	5,2	5,8	

**Таблица 4 Ширина семян клоповника многоцветкового в мм; территория пригородной зоны**

№ десятка/число семян	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение
1	3,6	3,5	3,6	4,2	3,0	3,7	4,1	3,6	4,8	4,1	
2	4,7	3,3	3,7	4,3	3,9	3,8	4,3	4,1	4,5	3,1	
3	5,0	4,9	4,0	3,9	3,3	4,0	4,5	4,7	4,0	4,1	
4	3,3	4,7	4,5	4,9	3,2	4,1	4,1	4,3	3,5	3,9	
5	4,0	4,1	4,8	3,9	4,5	3,3	4,0	3,1	4,0	4,2	

3. Определите площадь каждого семени, средние значения длины, ширины и площади семян на нарушенном участке;
4. Представьте в виде графиков варьирования признаков, либо гистограмм или диаграмм различий морфометрических параметров репродуктивных органов в разных условиях природопользования;

**Таблица 5 Длина семян лопуха паутинистого в мм, территория пригородной зоны – опушка леса**

№ десятка/число семян	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение
1	10,2	11,0	9,6	9,4	10,5	10,8	8,8	10,6	9,5	9,8	
2	10,7	10,5	9,7	9,8	10,8	9,2	11,0	8,5	9,3	9,2	
3	10,3	10,4	11,7	11,5	10,6	9,8	11,2	10,0	9,3	9,9	
4	9,0	9,8	9,5	9,3	9,1	9,8	10,4	8,9	11,1	10,3	
5	11,6	11,5	11,0	10,7	10,8	10,4	10,8	10,3	11,3	11,0	

**Таблица 6 Ширина семян лопуха паутинистого в мм; территория пригородной зоны – опушка леса**

№ десятка/число семян	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение
1	3,3	3,5	3,0	3,0	3,5	3,7	2,8	3,5	3,0	3,1	
2	3,5	3,3	3,0	3,1	3,6	3,0	3,6	2,8	3,0	3,0	
3	3,2	3,3	3,8	3,5	3,2	3,0	3,4	3,2	3,0	3,1	
4	2,9	3,0	3,1	2,8	2,7	3,0	3,3	2,7	3,5	3,1	
5	3,6	3,7	3,3	3,1	3,1	3,0	3,3	3,0	3,6	3,5	

5. Определите площадь каждого семени, занесите в таблицу;
6. Определите средние значения длины, ширины, площади семян на эталонном участке;

**Таблица 7 Длина семян лопуха паутинистого в мм, возле железнодорожного полотна**

№ десятка/число семян	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение
1	7,8	10,0	7,9	9,2	9,4	10,7	8,5	8,3	10,4	9,0	
2	8,1	8,2	9,5	8,7	8,6	8,0	7,5	8,1	8,9	9,5	
3	9,3	9,4	7,8	7,3	6,7	7,5	9,5	10,0	7,8	8,5	
4	9,6	8,5	8,7	9,9	9,3	9,0	9,6	9,5	10,2	9,7	
5	8,8	8,0	8,5	7,2	8,4	6,4	8,7	8,1	6,5	8,6	

**Таблица 8 Ширина семян лопуха паутинистого в мм; территория возле железнодорожного полотна**

№ десятка/число семян	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее значение
1	2,2	3,3	2,5	2,9	2,8	3,4	2,5	2,4	3,3	2,9	
2	2,4	2,3	3,0	2,9	2,8	2,2	2,0	2,3	2,5	3,0	
3	3,0	3,1	2,3	2,0	1,8	2,0	3,1	3,7	2,2	2,7	
4	3,1	2,9	3,0	3,5	3,3	3,0	3,1	3,1	3,5	3,1	
5	2,7	2,5	2,6	2,0	2,5	1,7	2,6	2,3	1,8	2,5	

7. Определите площадь каждого семени, средние значение длины, ширины и площади семян на нарушенном участке;
8. Представьте в виде графиков варьирования признаков, либо гистограмм или диаграмм различий морфометрических параметров репродуктивных органов в разных условиях природопользования.

### **Задание:**

Докажите различными методами математической статистики нарушения в размерных характеристиках репродуктивных органов – семян (средняя арифметическая, достоверность различий, вариация, корреляция, эксцесс и т.д.). Определите, имеется ли достоверная разница между морфологическими признаками семян растений, существующих в разных условиях природопользования. Объясните, почему для определения стабильности репродуктивных органов растений в разных условиях антропогенной нагрузки были выбраны сорные виды растения?

Чем существенно отличается определение стабильности признака вегетативных органов от репродуктивных? Объясните, почему в различных условиях антропогенной нагрузки эксцесс вариационной кривой будет иметь либо острый пик, либо, более закругленный? Отличаются ли от пика плотности нормального распределения и почему? Что такое положительный и отрицательный эксцесс? Что он показывает?

### **Занятие 7 Влияние условий разной экспозиции склонов на количественные и качественные характеристики репродуктивных органов растений (на примере можжевельника обыкновенного)**

**Обоснование проблемы:** На склонах разной экспозиции складываются определенные условия освещенности и влажности, которые влияют на семенную продуктивность редких или ценных хозяйственных видов растений. В подобных условиях можно определить различные характеристики количественных (число ягод, семян, их размеры) и качественные (вес плодов или семян) параметров репродуктивных органов растений, при дополнительном антропогенном воздействии выявляются нарушения их развития.

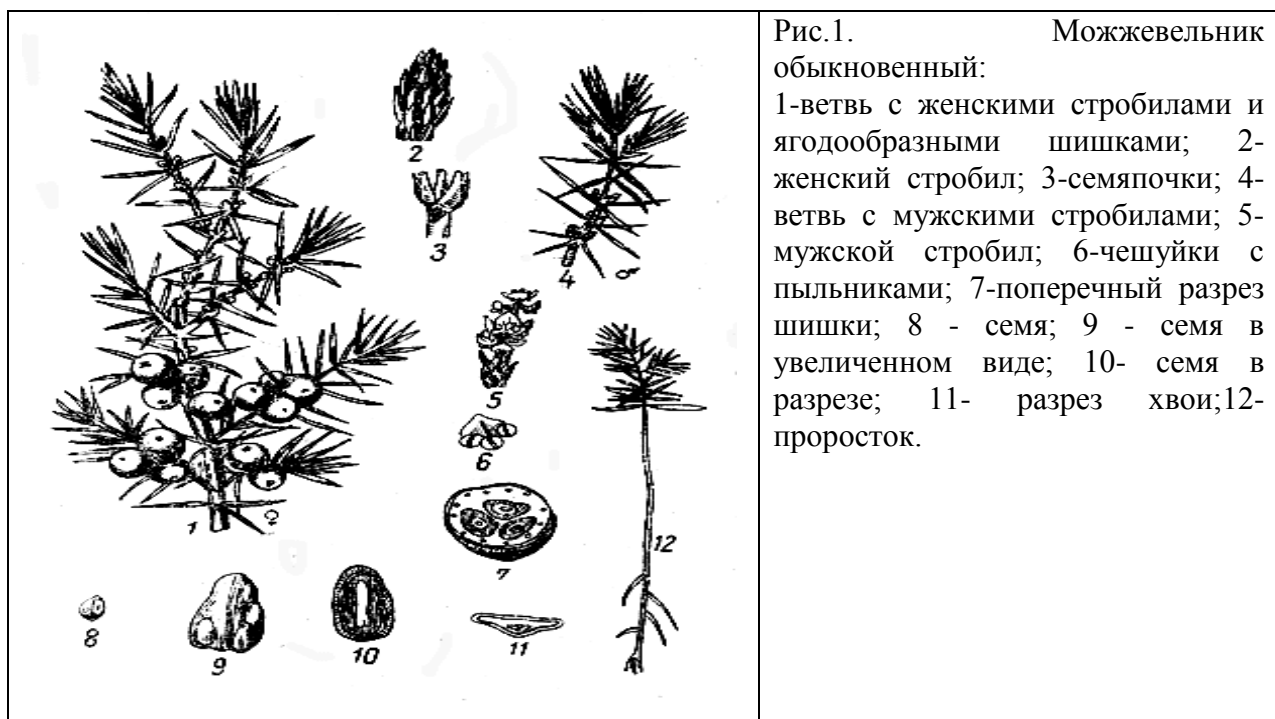
## Краткая характеристика

Можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis*) – единственный представитель сем. Кипарисовых в Республике Татарстан (РТ), участвует в образовании темнохвойных лесов в зоне тайги, имеет большое значение как лекарственное, пищевое, декоративное и почвозащитное растение. В последнее время природные местообитания можжевельника на территории РТ сокращаются. Это обстоятельство привело к тому, что можжевельник обыкновенный был включен в Приложение к Красной Книге Республики Татарстан (2016).

*J. communis* – дерево до 6-12м высоты с конусовидной кроной или кустарник яйцевидной или конусовидной формы, более узкой у мужских экземпляров и с более или менее восходящими или простертыми, иногда «на вершине» свисающими ветвями у женских экземпляров. В разных абиотических и биотических условиях у можжевельника образуются различные жизненные формы (одноствольное или малоствольное дерево, кустарник, стланник). Предполагается, что на границе ареала, в не самых благоприятных климатических условиях, преобладает кустарниковые жизненные формы.

В мужских шишках созревают микроспорангии, и в мае рассеивается по ветру пыльца. Женские шишки (мегастробилы) состоят из 3-6 перекрестно расположенных чешуй с 3 семяпочками. После оплодотворения семязачатков чешуи разрастаются, срастаются между собой и становятся мясистыми, образуя сочную шишку. По мере созревания, шишкоягоды изменяют цвет от бледно-зеленых до черно-синих. К концу первого года шишки достигают своих размеров, но остаются зелеными, зрелые – черно-синие созревают на 2-3-й год. В шишке созревает 3 семени (рис.1).

Можжевельники светолюбивы, засухоустойчивы, морозостойки и нетребовательны к почвенным условиям. Их мощные корни, внедряясь глубоко в грунт и распластываясь под землей во все стороны, способны добывать воду и питательные вещества из самых бедных почв. Корневая система растет значительно быстрее надземных побегов, что и способствует разрастанию можжевельника на бедных почвах, отвесных скалах и склонах, способствуя удержанию грунта (Жизнь растений, 1978).



**Цель работы:** Оценить семенную продуктивность можжевельника обыкновенного, на основе количественных и качественных параметров шишкоягод в условиях разной экспозиции склонов

**Объекты:** Шишкоягоды можжевельника обыкновенного собранные на разных склонах случайным методом отбора с 5-ти генеративных особей на каждом участке (табл. 9, 10). Материал собирался в 2017 г. в Балтасинском районе РТ.

Таблица 9. Характеристики участков исследования

№ участка	местоположение	Фитоценоз, тип почв, характер увлажнения	Освещенность	Численность на 300 м <sup>2</sup>
1.	<b>коренной склон, верхушка</b>	Вырубка ельника разнотравного; увлажнение атмосферное, дерново-подзолистая почва	100%	28
2.	<b>Склон южной экспозиции</b>	Остепненный злаково-разнотравный склон; увлажнение атмосферное, почва дерново-подзолистая	100%	23
3.	<b>Склон северо-западной экспозиции, вдоль центральной трассы</b>	злаково-разнотравный склон; увлажнение атмосферное, почва дерново-подзолистая	70%	9
4.	<b>склон северо-восточной экспозиции</b>	Можжевельниковые заросли на склоне, увлажнение атмосферное почвы дерново-подзолистые	60%	29

Таблица 10. Морфометрические параметры «шишкоягод» можжевельника обыкновенного.

№ участка, экспозиция склона	Кол-во ягод 1 года, шт.	Кол-во ягод 2-3 года, шт.	диаметр ягод 1 год, мм	диаметр ягод 2-3 года, мм	Вес ягод 1 года, мг	Вес ягод 2-3 года, мг
1. Коренной склон	206	217	5,3	6,3	0,05	0,09
	175	48	4,94	6,92	0,05	0,11
	197	25	4,71	6,16	0,046	0,087
	195	34	4,81	6,19	0,047	0,089
	203	31	4,7	6,1	0,04	0,085
среднее						
2. Южный склон	175	247	5,1	6,3	0,048	0,072
	131	28	4,61	5,75	0,041	0,073
	224	240	4,8	6,2	0,034	0,081
	124	20	4,6	5,8	0,032	0,072
	47	66	5,1	6,0	0,051	0,078
среднее						
3. Северо-западный склон	284	268	5,2	6,0	0,053	0,087
	302	298	5,1	6,23	0,05	0,0886
	94	274	5,3	6,4	0,034	0,085
	167	390	4,5	6,5	0,046	0,1
	400	312	5,2	6,55	0,017	0,098
среднее						
4. Северо-восточный склон	293	206	5,21	6,1	0,053	0,09
	901	261	5,3	6,45	0,018	0,102
	897	182	5,0	6,7	0,046	0,1
	474	90	4,93	6,9	0,05	0,108
	793	194	5,26	6,33	0,02	0,121
среднее						

**Задание:** На основе различных методов математической статистики определите различия качественных и количественных характеристиках репродуктивных органов – плодов (средняя арифметическая, достоверность различий, вариация, корреляция между разными параметрами, эксцесс и т.д.) в условиях разной экспозиции склонов. Определите, имеется ли достоверная разница между морфологическими признаками плодов. Используйте различные коэффициенты корреляции:



Коэффициент корреляции « $r$ » обычно используют как меру линейности связи, при этом обе переменные должны подчиняться закону нормального распределения. Коэффициент корреляции – отвлеченное число, лежащее в пределах от  $-1$  до  $+1$ . При независимом варьировании признаков, когда связь между ними отсутствует:  $r = 0$ ; при  $r > 0$  или  $r < 0$  этот показатель характеризует не только наличие, но и силу прямолинейности связи между признаками (Грейг-Смит, 1967):

$$r_{xy} = \Sigma (X_i - X_{cp.}) * (Y_i - Y_{cp.}) / \sqrt{\Sigma (X_i - X_{cp.})^2 * (Y_i - Y_{cp.})^2} \quad (1)$$

Полученные значения коэффициента корреляции при условии его достоверности можно оценить следующим образом: от 0 до 0,45 – связь очень слабая; 0,46 до 0,63 – слабая; 0,64 до 0,77 – средняя; 0,78 до 0,89 – тесная; 0,9 до 1,0 – очень тесная (Любарский, 1974).

Для определения связи между двумя данными явлениями использовался **коэффициент ранговой корреляции Спирмена**. Данный коэффициент рассчитывается по следующим ступеням:

- 1) Сопоставление каждому из признаков их порядковый номер (ранг) по возрастанию (или убыванию).
- 2) Определение разности рангов каждой пары сопоставляемых значений.
- 3) Возведение в квадрат каждую разность и суммировать полученные результаты.
- 4) Вычислить коэффициент корреляции рангов по формуле:

$$r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)} \quad (2)$$

где  $\sum d^2$  – сумма квадратов разностей рангов, а  $n$  – число парных наблюдений.

Коэффициент Спирмена принимает значения от  $-1$  до  $+1$ . При использовании коэффициента ранговой корреляции условно оценивают тесноту связи между признаками, считая значения коэффициента равные 0,3 и менее, показателями слабой тесноты связи; значения более 0,4, но менее 0,7 – показателями умеренной тесноты связи, а значения 0,7 и более – показателями высокой тесноты связи (Лакин, 1990, Уланова, 1995).

## **Занятие 8. *Использование морфометрического метода для определения стабильности развития органов запаса на примере оценки урожайности сельскохозяйственной продукции – корнеплодов моркови при использовании разных способов полива***

**Обоснование проблемы:** В современных условиях сохранения и рационального использования природных ресурсов необходимо использовать новые технологии полива в сельском хозяйстве, определив их эффективность.

## Краткая характеристика

Концепция рационального природопользования – это система деятельности, призванная обеспечить экономную эксплуатацию природных ресурсов и условий и наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства, сохранения здоровья людей и сохранения естественных природных комплексов (Реймерс, 1990). Таким образом, рациональное природопользование – это высокоэффективное хозяйствование, не приводящее к резким изменениям природно-ресурсного потенциала, к которым социально-экономически не готово человечество, и не ведущее к глубоким переменам в окружающей человека природной среде, наносящем урон его здоровью или угрожающим самой его жизни.

К сожалению, использование поливов крупных сельскохозяйственных полей приводит к затратам большого количества грунтовых и поверхностных вод. Капельное орошение в настоящее время является одним из интенсивно развивающихся способов орошения, позволяющих минимизировать затраты пресной воды на сельскохозяйственные нужды. В последние двадцать лет площади, занятые капельным орошением, расширились более чем в 6 раз и в настоящее время в мире составляют порядка 6,1 млн. га. Применение капельного орошения во многих странах мира доказало его преимущества, среди которых: снижение трудовых, энергетических и ресурсных затрат, возможность использования на землях, непригодных для орошения другими способами, например на землях с высоким залеганием грунтовых вод, на крутых склонах, на почвах легкого механического состава. Использование капельного орошения позволяет снизить оросительные нормы более чем на 50 % по сравнению с традиционными способами, вносить удобрения для получения максимальных урожаев запланированного качества.

Сокращения природно-ресурсного потенциала пресных вод для оросительных систем, которые часто приводят косвенно к нежелательному засолению почв (если используются грунтовые воды), может быть решено с использованием новых технологий, к которым относится система капельного полива. Применение метода капельного орошения было предпринято по заданию информационно-методического центра Балтасинского района РТ. Все данные в работе собраны на опытных участках в 2014 г.

Биологические особенности моркови: Морковь относительно холодоустойчивое растение, легко переносит заморозки до  $-3$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ . Минимальной температурой для прорастания семян считается  $+4$ .. $+6^{\circ}\text{C}$ , оптимальной –  $+18$ .. $+25^{\circ}\text{C}$ . Для формирования и нарастания корнеплода наиболее благоприятная температура  $+18$ .. $+21^{\circ}\text{C}$ , для роста листьев –  $+23$ .. $+25^{\circ}\text{C}$ . Высокие температуры, особенно в комплексе с недостатком влаги, прекращают рост корнеплодов и вызывают их огрубение, уродливость формы и снижают вкусовые качества.

Морковь требовательна к свету. В условиях затенения снижается урожай. Морковь довольно чувствительна к равномерному и оптимальному

увлажнению во все периоды своего развития. Наиболее требовательна она к влаге в период от посева до появления всходов и во время интенсивного отрастания корнеплода. Резкие колебания влажности в период интенсивного роста корнеплода вызывают его растрескивание. К засухе эта культура приспособлена лучше других корнеплодов, этому оказывают содействие рассеченные листочки, опушение листьев и стеблей. Морковь чувствительна к повышенной концентрации солей и недостатку кислорода в грунте.

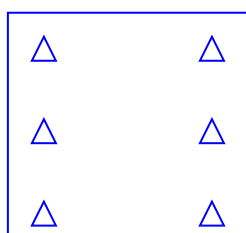
**Цель:** Выявить различия в морфологических параметрах корнеплодов и оценить урожайность корнеплодов моркови при использовании разных способов полива. Определить экономические преимущества того или иного способа полива

Порядок выполнения работы:

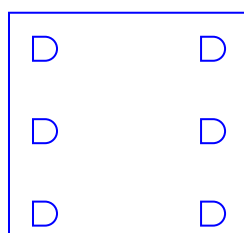
1. На основе предложенных морфологических параметров фотосинтезирующих органов выявить качество роста и развития моркови по размерам листьев на разных по типу полива участках;
2. Определить качество корнеплодов моркови, на основе морфометрических параметров (длины, диаметра корнеплода, диаметра центрального цилиндра, первичной коры) и веса в условиях разного полива участков;
3. Сравнить качество продукции с использованием статистических методов и оценить преимущество применения разных методов орошения.

**Варианты опыта:** 1 вариант – капельное орошение; 2 вариант – контроль, обычный полив ведрами и лейками 2 раза в неделю

#### Схематический план опыта



Вариант 1



Вариант 2

Появление всходов	Появление первых листьев	Появление 3-4 листа	Появление корнеплода толщиной 1 см	Уборка корнеплода
15-20 май	20-25 май	10-20 июнь	1-5 июль	20-30 сентябрь

По разнице общего диаметра корнеплода и его сердцевины, которая представлена ксилемой, определяется толщина кольца вторичной коры с питательными веществами. Данные расчетов представлены в таблице 11.

Таблица 11. Биометрические параметры формирования корнеплода моркови

Сорт моркови	Диаметр корнеплода, см				Длина и масса корнеплода, см			
	При капельном орошении		Без капельного орошения		При капельном орошении		Без капельного орошения	
	Диаметр ксилемы, см	Диаметр корнеплода, см	Диаметр ксилемы, см	Диаметр корнеплода, см	Масса, кг	Длина корнеплодов, см	Масса, кг	Длина корнеплодов, см
Московская зимняя А 515	1,5	4	1,4	2,8	0,172	14	0,082	9
	1,0	3,7	2,2	3,5	0,140	11	0,095	10
	2,1	5,1	1,7	3,0	0,165	13	0,075	11
	1,5	4,2	1,9	3,0	0,183	17	0,079	12
	1,7	4,7	1,8	2,5	0,213	16	0,063	13
	1,9	4,8	1,6	2,9	0,207	15	0,068	12
	1,6	4,5	2,3	3,8	0,204	14	0,075	12
	2,5	6,2	2,0	3,0	0,294	16	0,080	10
	1,7	4,2	1,8	2,5	0,135	11	0,065	11
	1,8	4,5	2,0	3,5	0,138	12	0,084	9
среднее								

Для того, чтобы определить площадь цилиндра вторичной коры корнеплода, где накапливаются питательные вещества используются показатели площадей окружности ксилемы и целого корнеплода. На основе их разницы можно определить площадь вторичной коры корнеплода. Площадь круга определили через диаметр  $d$  по следующей формуле:  $S = \pi \cdot d^2 / 4$ .

Таблица 12. Геометрия корнеплода моркови

Сорт моркови	Площадь корнеплода, кв.см.			
	При капельном орошении		Без капельного орошения	
	Площадь окружности ксилемы, кв.см.	Площадь окружности корнеплода, кв.см.	Площадь окружности ксилемы, кв.см.	Площадь окружности корнеплода, кв.см.
Московская зимняя А 515	1,76	12,56	1,53	6,15
	0,78	10,74	3,79	9,61
	3,46	20,41	2,26	7,06
	1,76	13,8	2,89	7,06
	2,26	17,34	2,54	4,9
	2,83	18,08	2,00	6,6
	2,00	15,89	4,15	11,33
	4,90	30,17	3,14	7,06
	2,26	13,8	2,54	4,9
	2,54	15,89	3,14	9,61
среднее				

Основным фотосинтезирующим органом у растения является лист, от размера которого зависит уровень накопления органического вещества в растении и, соответственно, качество урожая. Следовательно, чем мощнее развита розетка листьев у моркови, тем больше органического вещества образуется и накапливается в корнеплодах. Данные по количеству и размеру листьев в розетки определялись в середине вегетации (июль) и конце вегетации, когда корнеплоды достигают товарной спелости (сентябрь).

**Таблица 13. Динамика формирования надземной массы моркови**

Сорт моркови	Высота розетки листьев, в см				Количество листьев в розетке, шт.			
	При капельном орошении		Без капельного орошения		При капельном орошении		Без капельного орошения	
	Формирование корнеплода	Товарная спелость	Формирование корнеплода	Товарная спелость	Формирование корнеплода	Товарная спелость	Формирование корнеплода	Товарная спелость
Московская зимняя А 515	32,5	38	10	16	8	9	6	7
	34	42	11,5	18	9	10	7	7
	37,5	46	7,6	15	8	8	6	8
	41,6	50	11	17	10	11	7	8
	29,5	38	11,5	19	9	10	6	7
	28	36	12,7	20	8	9	6	6
	35,7	44	7,8	15	10	10	7	8
	39	47	10	16	9	9	7	7
	31,4	39	9,7	16	7	9	6	7
среднее	37,6	45	11,8	18	8	10	7	8

В сентябре показатели урожайности моркови определялись как отношение биомассы корнеплодов на 1 м<sup>2</sup> или 1 гектар. Данные представлены в табл. 14.

**Таблица 14. Урожайность моркови на участках разного полива**

№	1 делянка		2 делянка		3 делянка		4 делянка	
	Опыт	контроль	Опыт	контроль	Опыт	контроль	Опыт	контроль
Урожай с 1 м <sup>2</sup>	10,1 кг	5,2 кг	9,9 кг	5,0 кг	10,1 кг	4,9 кг	10,0 кг	4,8 кг

**Задание:** 1. Докажите различными методами математической статистики (средняя арифметическая, достоверность различий, вариация, корреляция) преимущества различных типов полива. Определите, имеется ли достоверная разница между морфологическими параметрами корнеплодов или листьев, у моркови, произрастающей в разных условиях полива.

2. На основе методов корреляции выявите характер зависимости между основными морфологическими параметрами корнеплода моркови (диаметр всего корнеплода, диаметр сердцевинки и диаметр вторичной коры и т.д.) в разных условиях полива.

3. Оформите сравнительный анализ морфометрических параметров корнеплода или листьев в виде гистограмм;

4. Выявите преимущества различных типов полива, сделайте выводы, представьте работу в виде отчета или презентации.

### Раздел III: Фитоиндикация окружающей среды урбанизированных территорий

#### Занятие 9. *Устойчивость хвойных пород в условиях антропогенного воздействия (на примере зеленых насаждений г. Казани)*

**Обоснование проблемы:** В условиях урбанизированных территорий (город, поселок и т.д.) увеличивается загрязнение окружающей среды, что отражается на состоянии деревьев и зеленых насаждений.

#### **Краткая характеристика**

Урбасфера (от лат. *urbans* – городской и *sphaira* – шар) – урбанизированные участки биосферы, отличающиеся от окружающих природных экосистем наличием специфических биотических и абиотических компонентов. Урбанизация выражается в прямом и косвенном преобразовании всех компонентов ландшафта (Экология..., 2013). Рост урбанизации, интенсификация промышленного производства, увеличение количества транспортных средств оказывают сильное влияние на экологические условия крупных городов, где наиболее ярко, обостряются противоречия между живой природой и разрушающими её агентами антропогенного происхождения.

Город Казань является крупным научно-промышленным центром республики, где сосредоточено большое количество предприятий химической, машиностроительной, пищевой, легкой и т.д. промышленности, наряду с этим развита транспортная, железнодорожная и автодорожная сети, огромный парк машин, т.е. все основные характеристики урбанизированного комплекса. И как следствие этого – повышенный фон загрязнения окружающей среды. Основными направлениями для решения проблемы оздоровления окружающей среды является целая сеть зеленых насаждений города, представленная как рекреационной пригородной зоной, так и большими городскими парками, скверами, бульварами и т.д. Состояние зеленых насаждений, вызывает тревогу и требует более тщательного подбора различных видов растений, обладающих не только оздоровительными свойствами, но и устойчивостью к неблагоприятным условиям города (Экология города Казани, 2005).

Для проведения исследований в различных районах г. Казани выбираются территории зеленых насаждений разной площади, назначения, оздоровительного значения, удаленности от автомагистралей и степени загрязненности и т.д. Все участки теоретически можно разделить на 3 степени загрязненности и загазованности (max, min и средняя степень) – максимальная характерна для уличных бульваров – это узкополосные зеленые насаждения вдоль или внутри дороги; средняя степень – характерна для уличных скверов, несколько удаленных от дороги, имеющих небольшие

площади, но довольно плотную посадку деревьев; минимальная степень – характерна для крупных парков и внутриквартальных скверов, имеющих либо большие площади, либо большую удаленность от основных автомагистралей.

**Цель работы:** Определить индекс состояния (ИС) хвойных видов деревьев и кустарников в условиях зеленых насаждений различной площади, назначения, оздоровительного значения, удаленности от автомагистралей и степени загрязненности и т.д., на основе выявления коэффициента токсичности автотранспорта.

Ход работы:

1. Выбрать 2-3 участка зеленых насаждений различного назначения и степени загрязненности для сравнительного анализа (уличный бульвар, межквартальный сквер, внутриквартальный сквер либо крупный сквер, парк);
2. Выявить состав хвойных пород, количество деревьев по породам и занимаемую ими площадь (визуально);
3. Дать оценку жизненного состояния каждого дерева по породам, на основе 6-бальной шкалы В.Х. Зайцевой (2000);
4. Определить по формуле индекс состояния ИС для каждой древесной породы, построить спектр ИС хвойных пород, выбранного участка;
5. Определить по формуле коэффициент токсичности автотранспорта (можно и другие коэффициенты использовать);
6. Дать оценку ИС хвойных пород на исследуемой площади зеленого насаждения и подтвердить свой вывод уровнем загазованности площади.

Для анализа состояния зеленых насаждений города используются следующие методы:

1. определение коэффициентов токсичности и концентрации угарного газа ( $K_t$  и  $K_{co}$ ) (Федорова, Никольская, 2001);
2. метод определения индекса состояния хвойных «ИС» (В. Х. Зайцева, 2000г., из сборника «Методические указания по общей экологии»);

### ***1. Определение коэффициента токсичности и концентрации угарного газа.***

Для более детального анализа загрязненности среды мы использовали коэффициент токсичности автомобилей  $K_t$  как средневзвешенный для потока автомобилей на автотрассе и оценку концентрации окиси углерода (Федорова, Никольская, 2001)  $K_{co}$  по формуле:

$$K_{co}=0,5 + (0,01*N)*K_t$$

Где:

0,5 – фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м<sup>3</sup>.

N – суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, авто/5мин.

$K_t$  – коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в

атмосферный воздух окиси углерода.

$K_T$  определяется как средневзвешенный для потока машин по формуле:

$$K_T = \sum P_i \cdot K_{Ti},$$

где:

$P_i$  – состав автотранспорта в долях единицы,

$K_{Ti}$  – коэффициент, зависящий от типа автомобиля.

Таблица 1

**Коэффициенты выбросов для разных типов автотранспорта.**

Тип автомобиля	Коэффициент $K_{Ti}$
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1

Количество машин на дорогах подсчитывается 2 дня: в период интенсивного движения и в воскресные дни, когда снижается паток машин, чтоб отследить динамику, желательно 2 раза в сутки, чтобы отследить динамику в течение дня.

## **2. Определение индекса состояния хвойных «ИС»**

В качестве интегрального показателя жизненности используется индекс состояния насаждений (ИС), с помощью которого удобно оценивать не только статику, но и динамику ослабления и потери устойчивости насаждений. Основными критериями ИС являются состояние ствола, кроны, её охвоенность, уровень усыхания. Состояние деревьев определялось по 6-бальной системе в соответствии со стандартной классификацией В.Х. Зайцевой и выделялись: 1. здоровые деревья; 2. ослабленные; 3. сильно ослабленные; 4. усыхающие деревья; 5. свежий сухостой; 6. старый сухостой.

По оценке древостоя определяется индекс состояния (ИС) каждой древесной породы по формуле:

$$ИС = \sum b \cdot n / N$$

Где  $b$  – балл состояния,

$n$  – число деревьев, имеющих данный балл,

$N$  – общее число деревьев на пробной площади.

На основе расчёта индекса состояния используется следующая шкала:

- I. ИС меньше 1,7 «Благополучные» насаждения – деревья здоровые с нормальной кроной. Возможна слабая ажурность кроны – не более, чем у 30% деревьев, признаков токсичного действия на хвое не отмечено. Балл по инструкции – 1, реже 2.
- II. ИС в пределах 1,8-2,8 «Больные» насаждения – ажурность кроны хорошо выражена более, чем у 50% деревьев. На хвое некротические пятна, пожелтение, преждевременное опадание хвои у 20-50% деревьев; укороченные, изогнутые побеги. Балл – 3.



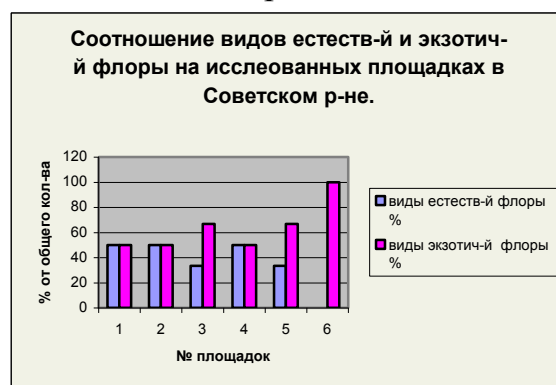
III. ИС больше 2,8 «Критическое состояние» насаждений – Расстроенный древостой с вывалом деревьев или с сухостоем. Сильно выражена ажурность кроны более, чем у 75% деревьев. На листьях и хвое некрозы или обесцвеченные пятна, повсеместное пожелтение и опадение хвои. Балл по инструкции – 4; 5; 6.

В озеленение города отмечаются следующие виды хвойных: 1. естественные представители флоры – Лиственница архангельская (сибирская) – *Larix archangelica*, Ель финская – *Picea fennica*, Сосна обыкновенная – *Pinus sylvestris*, можжевельник обыкновенный – *Juniperus communis*; 2. экзоты – Ель колючая – *Picea pungens* и ее декоративная форма ель голубая – *Picea glauca*, Туя западная – *Thuja occidentalis*, Сосна сибирская (кедровая) – *Pinus sibirica*, можжевельник казацкий – *Juniperus Sabina*. Для анализа каждой из площадок зеленых насаждений определяют число древесных и кустарниковых видов естественной и экзотической флор и их соотношение. Примеры гистограмм (рис. 1-2).

Гистограмма 1.



Гистограмма 2

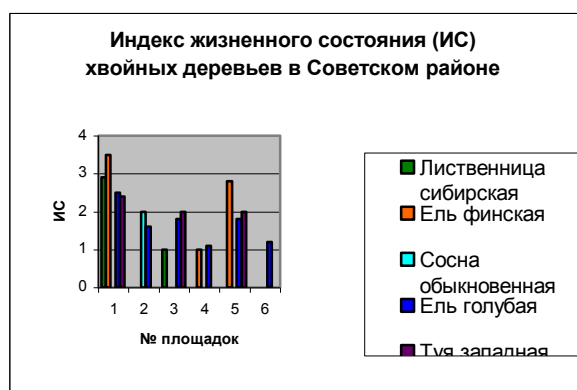


Анализ зеленых насаждений по индексу состояния (ИС) представляют в виде гистограмм (как пример даются результаты исследований Московского и Советского районов г. Казани). Хвойные виды деревьев и кустарников, как естественной, так и экзотической флоры находятся в угнетённом состоянии, плохо переносят антропогенную нагрузку в городской среде и относятся к «больным» насаждениям и насаждениям в «критическом состоянии». Загазованность среды, повышенная температура приводят, по-видимому, к нарушению морфогенеза листьев (хвоинок) и увеличению скорости онтогенеза. В результате этого на ветках 4-5 года хвоя не сохраняется, хотя в естественных условиях она существует на ветках 6-7 летнего возраста, особенно это касается елей, у которых возраст хвои 5-7 лет. Поэтому старые ветви елей, как правило, на 2/3 лишены хвои – это показатель низкой жизненности. У лиственницы чаще отмечается нарушение верхушечного роста, это выражается либо в многовершинности, суховершинности, либо в изменении прямого роста, что связано с нарушением морфогенеза верхушечных почек, примеры гистограмм (рис.3-4).

Гистограмма 3.



Гистограмма 4.



1. Проанализировать материал и сделать выводы на основе, проделанного исследования;
2. Определить, на каких участках отмечаются хвойные породы с максимально низкими показателями жизненности, средними и условно здоровыми, как варьирует ИС данных зеленых насаждений;
3. Объяснить, чем вызвано нарушение жизненности отдельных видов хвойных деревьев и кустарников, выявить более устойчивые к городской среде виды растений и менее устойчивые;
4. Отметить, на основе анализа загазованности воздуха автотранспортом, наиболее загрязненные участки;
5. Объяснить на какие процессы (роста, развития, репродукции, физиологии) влияет загрязнение окружающей среды города;
6. Материал исследовательской работы представить в виде презентации.

Занятие 10. *Метод «флуктуирующей асимметрии» листьев для оценки стабильности развития органов растения (на примере, листьев березы) в условиях антропогенного воздействия (или любого другого воздействия)*

**Обоснование проблемы:** Загрязнение окружающей среды влияет на процессы морфогенеза вегетативных органов растений, в частности, нарушается симметричность листьев некоторых древесных видов, применяемых в озеленении города. Использование морфометрических признаков листьев, позволяет определить уровень жизненности деревьев.

#### Краткая характеристика метода.

Из всего многообразия известных методов биоиндикационных исследований, пожалуй, наиболее полно отвечает необходимым критериям метод анализа флуктуирующей асимметрии (Захаров и др., 2000). В используемом морфогенетическом подходе оценивается стабильность развития (гомеостаз). Снижение его эффективности приводит к появлению отклонений от нормального строения различных морфологических

признаков, обусловленных нарушениями развития. Использование показателя «флуктуирующей асимметрии листьев» для мониторинга «здоровья среды» или оценки среды обитания используется довольно широко. Оценка проводится на модельных площадках: 1. для фонового мониторинга используются несколько площадок в разных биотопах, различных по естественным условиям; 2. для оценки последствий антропогенного воздействия площадки выбираются из максимально сходных по естественным условиям биотопов, с разной степенью антропогенной нагрузки.

Для оценки стабильности развития листа (или другого органа) используют данные по определенным морфологическим признакам. Изменение стабильности развития, как общей характеристики организма, отражается на изменчивости самых разных признаков организма. Оценка стабильности развития органа по каждому признаку сводится к оценке асимметрии. На практике это означает учет различий в значениях признака слева и справа. Для признака «флуктуирующей асимметрии» листа величина асимметрии у особи рассчитывается как *различие в промерах* слева и справа, отнесенное к *сумме промеров* на 2-х сторонах. Статистическая значимость различий между выборками определяется по  $t$  – критерию Стьюдента.

Интегральным показателем стабильности развития для комплекса пластических признаков (листа) является средняя величина относительного различия между сторонами на признак. Этот показатель рассчитывается как средняя арифметическая суммы относительной величины асимметрии по всем признакам у каждой особи, отнесенная к числу используемых признаков.

**Цель работы:** На основе показателя «флуктуирующей асимметрии» листьев разных видов растений (береза, липа), собранных в местообитаниях с различной степенью антропогенной нарушенности дать оценку (шкала 5 баллов) состояния растительных объектов и оценить качество среды в целом.

**Объекты:** Листья березы или других видов деревьев и кустарников (сирени, тополя, клена, засушенные, фиксированные или только что собранные – живые) собираются с 5 (10) растений определенного возрастного состояния ( $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$ ), на высоте вытянутой руки в 3-5 различных местообитаниях (зеленые насаждения города и эталонный участок за городом). Например: 1 точка – контроль с наиболее благоприятными условиями обитания и несколько точек (3-4) с нарушением условий обитания растений. Если материал уже собран и проанализирован, используются таблицы с промерами морфологических показателей «флуктуирующей асимметрии» листа.

**Ход работы:**

1. В первом действии для каждого промеренного листа вычисляются относительные величины асимметрии для каждого признака (5 признаков). Для этого разность между промерами слева (L) и справа

- (R) делят на сумму этих же промеров:  $(L-R)/(L+R) = X_i$  (относительная величина асимметрии для каждого признака). Данные заносят в таблицу по каждому признаку.
2. Во втором действии вычисляют показатель асимметрии для каждого листа по 5 признакам. Для этого суммируют значение относительных величин асимметрии по каждому признаку и делят на число признаков (в данном случае признаков 5). Этот показатель называется величиной асимметрии данного листа:  $x_1+x_2+x_3+x_4+x_5 / 5 = Y_i$ . Данные заносят в таблицу как показатель «величина асимметрии листа».
  3. В третьем действии вычисляется интегральный показатель стабильности развития – величина среднего относительного различия между сторонами на признак. Для этого вычисляют среднюю арифметическую всех величин асимметрии для каждого листа (минимум 10 листьев с одной особи, либо по 1 листу с 10 особей). В нашем случае искомая величина равна: Сумма  $Y_i / 10 = P$ .
  4. Далее данные показатели «флуктуирующей асимметрии» листа, взятые по разным точкам (местообитаниям) сравнивают по пятибалльной шкале, разработанной Захаровым В.М (2000). Баллы: 1 балл – условная норма; 5 балл – критическое значение «флуктуирующей асимметрии», наблюдается в крайне неблагоприятных условиях, когда растение находится в сильно угнетенных условиях. Таблица.
  5. Статистическая значимость различий между выборками по величине интегрального показателя стабильности (частота асимметричного проявления на признак, величина среднего относительного различия между сторонами на признак) определяется по критерию Стьюдента.

### **Выбор растений**

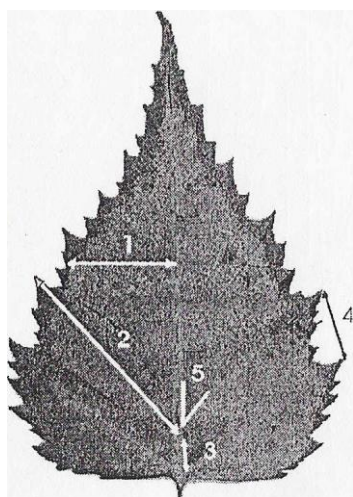
При выборе растений важно учитывать четкость определения принадлежности растения к исследуемому виду, условия произрастания особи и возрастное состояние растения.

- Принадлежность к исследуемому виду. Поскольку многие растений подвержены гибридизации, которая может повлиять на уровень стабильности развития растений, рекомендуется выбирать растения с четко выраженными видовыми признаками.
- Условия произрастания. Листья должны быть собраны с растений, находящихся в одинаковых экологических условиях (уровень освещенности, увлажнения и т.д.).
- Возрастное состояние растения. Для исследования рекомендуется выбирать растения, достигшие генеративного возрастного состояния.
- Сбор листьев с растения. Для исследований предлагается использовать лист, как орган, обладающий билатеральной симметрией.

- Положение в кроне. Рекомендуется собирать листья из одной и той же части кроны с разных сторон растения. У березы повислой листья собираются из нижней части кроны дерева с максимального количества доступных веток относительно равномерно вокруг дерева.
- Тип побега также не должен изменяться в серии сравниваемых выборок. У березы повислой используются листья с укороченных побегов.
- Размер листьев должен быть сходным, средним для данного растения.
- Поврежденность листьев. Поврежденные листья могут быть использованы для анализа, если не затронуты участки, с которых будут сниматься измерения.

### Измерение

В качестве примера можно указать систему признаков, разработанную для березы (Захаров, 2002). С каждого листа снимают показатели по пяти промерам с левой и правой сторон листа (рис. 5).



1 – 5 – промеры листа: 1 – ширина половинки листа (измерение проводили посередине листовой пластинки);

2 – длина второй от основания листа жилки второго порядка;

3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;

4 – расстояние между концами этих жилок;

5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Рис. 5. Схема морфологических признаков для оценки стабильности развития березы повислой  
рис.5 Лист *Betula pendula*.

### Пятибалльная шкала оценки стабильности развития

Для оценки степени нарушения стабильности развития удобно использовать пятибалльную оценку. Первый балл шкалы – условная норма. Значения интегрального показателя асимметрии (величина среднего относительного различия на признак), соответствующие первому баллу наблюдаются, обычно, в выборках растений из благоприятных условий произрастания, например, из природных заповедников. Пятый балл – критическое значение, такие значения показателя асимметрии наблюдаются в крайне неблагоприятных условиях, когда растения находятся в сильно угнетенном состоянии.

Таблица 2

Балл	Величина показателя стабильности развития
I	<0,040
II	0,040-0,044
III	0,045-0,049
IV	0,050-0,054
V	>0,054

Значения показателя асимметрии, соответствующие третьему и четвертому баллам обычно наблюдаются в загрязненных районах.

Полученные результаты обрабатывались с помощью методов математической статистики:

1) Среднее арифметическое  $M$ :

$$M = \sum n / N,$$

где:

$N$  – объем выборки

2) Среднее квадратичное отклонение  $\sigma$ , показывающее, на сколько в среднем отклоняется каждый признак от среднего арифметического:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (n - M)^2}{N - 1}}$$

3) Коэффициент вариации,  $cv$ :

$$cv = 100 * \sigma / M$$

4) Ошибка средней арифметической  $m$  показывает точность, с которой значение признака, рассчитанное на конкретной выборке, приближается к значению генеральной совокупности:

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

С помощью  $t$ -критерия Стьюдента была проведена статистическая обработка полученных результатов. Значимость различий между выборками была оценена по следующей формуле:

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

Где  $M_1, M_2$  – средние арифметические,  $\sigma_1, \sigma_2$  – стандартные отклонения, а  $N_1, N_2$  – размеры выборок.

Количество степеней свободы рассчитывается как

$$df = N_1 + N_2 - 2$$

### **Задание:**

1. Проанализировать материал и сделать выводы на основе, проделанного исследования;
2. Для других видов деревьев, применение метода «флуктуирующей асимметрии» листьев (например, для листьев сирени, тополя, липы), требует корректировку балльной шкалы по варьированию величины показателя стабильности развития, которую исследователи могут разработать сами;
3. Обоснование скорректированной для других видов деревьев балльной шкалы должно подтверждаться методами статистики;
4. Определить на каких участках отмечаются деревья с максимально нарушенными параметрами симметрии листьев;
5. Объяснить, чем вызвано нарушение морфометрии листьев и жизненности деревьев;
6. Постараться выявить более устойчивые и менее устойчивые древесные и кустарниковые листопадные виды растений к условиям городской среды;
7. Отметить, на основе анализа загазованности воздуха автотранспортом, наиболее загрязненные участки;
8. Материал исследовательской работы представить в виде презентации.

Метод «флуктуирующей асимметрии» листьев можно использовать для сложных листьев некоторых деревьев и кустарников.

### **Занятие 11. *Оценка состояния жизненности деревьев в зеленых насаждениях города, на основе морфометрических параметров листьев и плодов *Sorbus aucuparia****

**Обоснование проблемы:** В зеленых насаждениях города часто используются декоративные виды деревьев и кустарников, имеющих сложные листья (рябина, шиповник, ясень пенсильванский, ясень американский, клен ясенелистный), на их жизненность оказывает неблагоприятное воздействие окружающая среда города, что отражается на морфометрических показателях репродуктивных и вегетативных органов.

### **Краткая характеристика**

Фитоиндикационные методы широко используются в системе мониторинга, значительно отличаясь от других, особенно инструментальных, невысокой стоимостью, относительной простотой интерпретации, достоверностью оценки загрязнения окружающей среды. Методы фитоиндикации показывают, с одной стороны, уровень загрязнения, с другой – используя морфометрические параметры вегетативных и репродуктивных

органов или их анатомические срезы, мы можем отслеживать динамику загрязнения через небольшие интервалы времени – дни или недели в течение вегетационного периода.

Значение зелёных насаждений в жизни человека и оздоровление окружающей среды неизмеримо велико и разносторонне. Все это многообразие можно свести в девять основных групп, имеющих определенное значение для оздоровления окружающей среды города.

1. Санитарно-гигиеническое значение, заключающееся в механической и физиологической очистке воздуха от пыли и газов, регулировке температурных условий, в усвоении углекислоты воздуха в дневное время и обильном выделении ими кислорода. Городской воздух содержит около 0,04% углекислого газа, тогда как над лугами и полями его не более 0,03%. Превышение содержания углекислоты выше 0,04- 0,05% уже весьма вредно для здоровья и жизни человека. Размещение зелёных насаждений не только небольшими садами и скверами, а преимущественно крупными зелёными участками, соединяющими центры городов с их периферией и окружающими города массивами лесов и просторами полей и лугов обеспечивают проникновение чистого воздуха внутрь населённых массивов.

Механическая очистка воздуха населённых мест заключается в задержке листовой поверхностью деревьев и кустарников пыли и копоти. В этих целях необходимо отделение промышленных предприятий от жилых массивов крупными и плотными участками зелёных насаждений. Очистка воздуха деревьями и кустарниками уменьшает силу ветров, увлажняет атмосферу, смягчает высокие и низкие температуры воздуха. Зимой температура в садах и парках выше, чем на открытых площадях, летом – наоборот ниже.

2. Психогигиеническое значение. Зелень садов, парков и улиц снижает и поглощает шумы городского транспорта, успокаивающе влияет на психику человека, уставшего от физической на производстве и умственной работы в учебных заведениях, научных и административных учреждениях.

3. Архитектурно-декоративное значение. Зелёные насаждения создают красивый фон для архитектурных зданий и ансамблей и наоборот скрывают постройки, не имеющие красивого архитектурного оформления.

4. Культурно-просветительное значение зелёных насаждений, проявляется в использовании садов и парков для активного отдыха трудящихся, культурных развлечений, физкультурных мероприятий и пр.

5. Противопожарное значение особенно важным становится в населённых пунктах с деревянными постройками. Зелень деревьев, в особенности тополей, лип, вязов и других видов, нередко представляет для огня непроходимую зелёную преграду.

6. Мелиоративное значение, проявляющееся в осушении сырых и заболоченных почв и тем самым в осушении воздуха прилегающих населённых мест.

7. Хозяйственно-утилитарное значение. В основном принадлежит плодовым садам общественного и индивидуального пользования, как баз получения плодов и семян пищевого, лекарственного и технического



назначения.

8. Оборонное значение, заключающееся в декоративной маскировке городов и промышленных предприятий.

9. Акклиматизационно-селекционное назначение зелёных насаждений, касается главным образом дендрариев и ботанических садов, где занимаются вопросами сохранения и реинтродукции естественной флоры, интродукцией экзотической флоры в условиях урбанизированных территорий (Ходаков, 1986; Юскевич и др., 1986).

#### Ход работы:

1. На каждом участке зеленых насаждений измеряются сложные листья рябины, взятые по 10 штук с 3 генеративных деревьев на высоте 1,5-2 м. Можно использовать следующие морфометрические параметры листа: число листовых сегментов (листочков) сложного листа, длина рахиса сложного листа, длина и ширина каждой листовой пластинки сложного листа; площадь каждого листочка, общая площадь листовой поверхности сложного листа. Для использования метода *флуктуирующей асимметрии* для листьев рябины можно выбрать следующие показатели: угол между рахисом и второй парой листьев с левой и правой сторон, средняя длина и ширина листочков с левой и правой сторон, средняя площадь листочков с левой и правой сторон. Морфометрические параметры листа рябины обыкновенной представлены на рисунке (Рис.6). Первые показатели листа были взяты для того, чтобы статистически выделить достоверные различия морфометрических параметров, в разных условиях антропогенной нагрузки.

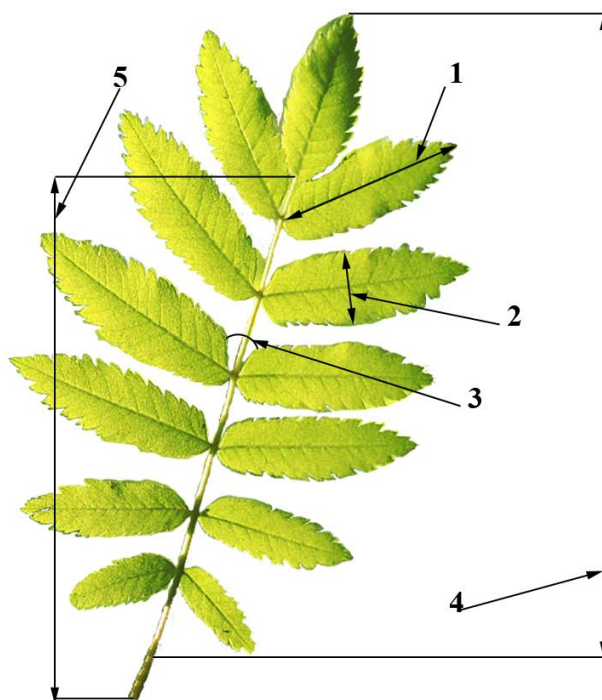


Рис.6 Рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*) 1-длина лист. пластинки; 2-ширина лист. пл.; 3-угол между рахисом и лист. пластинкой; 4-длина сложного листа; 5-длина рахиса

2. Для определения стабильности развития репродуктивных органов рябины можно провести промеры ягод и определить их вес. На каждом выбранном участке случайным образом с 3-х деревьев рябины собрать по 5 гроздей с плодами. Измерить общий вес гроздей, вес 10 случайно выбранных ягод, подсчитать число ягод в каждой грозди. Для выявления достоверности различий морфометрических параметров листьев и ягод использовать различные методы математической статистики. Сделать выводы.

3. Участки зеленых насаждений, где проводились отбор материала, находятся в авиастроительном районе г. Казани: 1. **Парк «Крылья Советов»** – имеет большую площадь и минимальную загазованность, хотя с запада проходит автотрасса в центр города; 2. **Школьный сквер** на территории гимназии № 37 – внутриквартальная посадка, закрытая от дороги зданиями; 3. **Сквер-бульвар** по ул. Ленинградская, вдоль автодороги. Примеры морфометрических параметров представлены в таблицах.

4. Можно выбрать и другие участки зеленых насаждений в разных районах города и провести исследовательскую работу;

Таблица 3. Параметры асимметрии листьев рябины на территории парка им. Ленина

Признаки										
№	1.Средняя длина л/п		2.Средняя ширина л/п		3.Средняя площадь л/п		4.Средний угол между рахисом и л/п		5.Общая площадь л/п	
	слева	справа	слева	Справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	6,3	6,0	1,9	1,7	12,3	10,3	62,8	61,1	589,6	495,6
2	5,4	5,3	1,6	1,7	8,5	7,6	66,0	86,5	412,5	314,82
3	5,7	5,8	1,8	1,8	10,4	10,3	83,0	78,0	498,75	496,92
4	5,7	5,5	1,6	1,6	9,4	9,9	72,6	70,0	589,53	574,6
5	5,4	5,1	1,6	1,6	8,8	8,3	77,3	84,1	311,04	292,6
6	5,0	5,5	1,3	1,5	6,6	8,4	64,6	77,3	328,29	300,84
7	4,6	4,5	1,3	1,4	6,2	6,5	60,4	59,7	383,76	309,68
8	4,1	4,2	1,8	1,7	7,5	7,2	89,1	89,6	267,84	255,0
9	3,9	3,8	1,5	1,5	6,0	5,5	85,6	75,5	214,76	200,1
10	4,3	4,4	1,8	1,7	7,5	7,4	93,3	94,3	268,8	264,62

Таблица 4. Параметры асимметрии листьев рябины на территории внутриквартального школьного сквера

Признаки										
№	1.Средняя длина л/п		2.Средняя ширина л/п		3.Средняя площадь л/п		4.Средний угол между рахисом и л/п		5.Общая площадь л/п	
	слева	справа	слева	Справа	слева	справа	слева	справа	слева	Справа
1	4,4	4,4	1,4	1,4	6,1	6,1	77,5	72,1	219,1	227,9
2	4,2	4,2	1,4	1,4	5,7	5,7	86,6	92,1	204,1	204,2

3	4,5	4,6	1,6	1,7	7,2	7,8	85,2	67,2	178,4	194,0
4	4,6	4,8	1,6	1,5	7,2	7,5	77,6	62,4	177,8	185,5
5	3,8	4,0	1,3	1,3	4,9	5,4	71,8	80,6	122,2	133,3
6	4,0	3,8	1,3	1,2	5,1	4,5	74,1	71,1	249,2	217,3
7	4,4	4,4	1,3	1,4	5,6	6,1	62,6	69,4	140,1	151,8
8	5,1	4,7	1,8	1,6	9,4	7,4	74,8	76,0	232,9	186,4
9	4,0	3,9	1,4	1,3	5,4	4,9	66,8	68,4	134,6	122,2
10	4,3	4,6	1,6	1,5	6,7	7,0	62,0	60,0	166,1	175,5

Таблица 5. Параметры асимметрии листьев рябины на территории сквера-бульвара

Параметры левой и правой сторон листьев рябины обыкновенной - <i>Sorbus aucuparia</i>										
№	1.Средняя длина листочков		2.Средняя ширина листочков		3.Средняя площадь листочков		4.Угол между рахисом и 1-ой парой листочков		5.Общая площадь листовой поверхности	
	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа
1	5,5	5,3	1,9	1,8	10,3	9,7	36,3	29,8	362,9	342,4
2	6,0	6,2	1,9	2,1	11,9	13,0	32,2	26,3	417,6	460,0
3	5,5	6,2	2,1	2,1	11,6	13,2	46,8	57,4	565,3	642,2
4	6,8	6,4	2,1	2,0	14,0	12,7	56,5	52,8	504,3	455,7
5	6,7	5,9	2,3	2,0	15,5	16,1	35,8	64,1	554,6	575,4
6	6,5	6,3	2,1	2,1	13,6	13,4	35,0	40,0	483,6	477,5
7	5,3	6,1	2,0	2,0	10,7	12,4	52,1	51,5	519,8	438,0
8	6,4	6,7	2,3	2,1	14,6	14,6	37,0	40,4	519,7	359,5
9	5,3	5,7	1,9	2,1	10,4	11,9	51,0	50,0	501,8	422,8
10	4,8	5,4	1,8	1,8	8,7	10,0	52,1	47,6	412,0	358,6

5. В ходе исследования студенты могут выявить и предложить другие морфометрические параметры, которые, на их взгляд, имеют интегральные биоиндикационные характеристики. Однако обоснование подобного выбора, должно подтверждаться методами математической статистики;

6. Сделать выводы и представить работу в виде презентации или отчета.

#### Раздел IV: Оценка состояния растительных сообществ методами фитоиндикации

Занятие 12 *Оценка продуктивности сообществ методами определения листового индекса в разных экологических, фитоценологических и зональных условиях*

**Обоснование проблемы:** В различных условиях природопользования

(заповедник, памятник природы, рекреация, зеленые насаждения города, и.т.д.) или разных зональных условиях оценку состояния и продуктивности сходных по составу фитоценозов, можно определять на основе индекса листовой поверхности или первичной оценки объемов древесины.

### **Краткая характеристика**

Биологическая продуктивность может быть выражена определённой величиной – продукцией за год (или в иную единицу времени) на единицу площади или на единицу объёма. Продукция определённой видовой популяции может быть отнесена также к её численности или биомассе (Экологический словарь, 1983; Еськов, 2012). Биомасса сообщества или его компонентов не является общей мерой продукции. Биомасса отдельных видов в целом может служить для оценки продукции и продуктивности только при сравнении экосистем одинаковой или сходной структуры и видового состава, но совершенно непригодна в качестве общей меры биологической продуктивности.

Различные растительные сообщества имеют разную вертикальную структуру, их растения по-разному отражают и пропускают свет, поэтому световой режим разных фитоценозов неодинаков. В многоярусном сообществе поступающая радиация используется почти полностью. Благодаря повторному отражению и последовательному поглощению до почвы доходит так мало света, что световое довольствие составляет там лишь несколько процентов от полной освещенности. Ослабление света проявляется и в невысоких травостоях, и даже в лишайниковом и моховом покрове. Градиент освещенности в фитоценозе зависит от густоты облиствения, расположения и формы листьев. Листья, которые получают недостаточное количество света, отторгаются от растения или вовсе не образуются, т.к. нарушается положительный углеродный баланс. Для высших растений граница чистой прибыли от фотосинтеза находится на уровне 0,2% от  $\text{max}$  освещенности (3-5 мкмоль м/с) (Экология растений, 2011).

Общее количество солнечной энергии на земную поверхность называют суммарной радиацией, которая подразделяется на прямую и рассеянную. Около половины суммарной радиации приходится на область видимого света (380-780 нм), что в целом соответствует области фотосинтетически активного излучения (*photosynthetic active radiation* – PAR или PhAR) необходимого для фотосинтеза растений, которое варьирует с длинами волн 400–710 нм. Диффузные или рассеянные компоненты суммарной радиации проникают в растительное сообщество существенно глубже, чем прямое излучение, создающее тени. Растения в зависимости от формы и размера листьев могут повышать долю диффузной радиации в сообществе (например, хвоинки, ажурные или сложные перистые и пальчатые листья) (Зитте и др., 2007).

Густоту облиствения количественно выражают с помощью индекса

листовой поверхности – «ИЛП» или «LAI». Он показывает отношение общей площади листьев к площади поверхности почвы, над которой они находятся. Обычно индекс листовой поверхности выражают в м<sup>2</sup> площади листьев на 1 м<sup>2</sup> поверхности почвы (например, при LAI = 4 единица поверхности почвы покрыта в 4 раза большей поверхностью располагающихся в разных ярусах листьев). Отмечено относительное постоянство LAI в сомкнутых фитоценозах независимо от видового состава (за исключением хвойных, с особым строением фотосинтезирующих органов). LAI – листовой индекс – **отношение общей площади всех листьев на 1 м<sup>2</sup>**: для сельскохозяйственных культур составляет около 4; для сосновых лесов – 3-4, для широколиственных лесов – 5-6, для высокопродуктивных лугов – 7-8, для тропических влажных лесов – 8; для густых еловых лесов – до 10 (LAI свыше 10 – нереальны) (Зитте и др., 2007). Даже при таком сильном затенении почвы верхними ярусами листьев деревьев, лесные травы, как правило, обычно проходят полный цикл развития.

Индекс листовой поверхности – LAI (Бобровский, 2004) представляет собой отношение общей площади всех листьев к площади почвы биоценоза: **LAI = S<sub>1</sub> / S<sub>2</sub>**, где S<sub>1</sub> – общая ассимиляционная поверхность листьев в м<sup>2</sup>; а S<sub>2</sub> – площадь биоценоза в м<sup>2</sup>.

Предлагают и другие формулы: площадь листьев высчитывают методом контуров. Далее вычисляется листовой индекс: **L=S/P**, где S – функционирующая (зеленая) площадь листьев древостоя или травостоя, растущего на площади почвы P.

Для оценки интенсивности происходящих процессов и картографирования динамики лесного покрова все чаще используются данные дистанционного зондирования Земли. Большинство методов ДЗЗ основано на регистрации изменений параметров электромагнитного излучения (ЭМИ). Растительный покров имеет достаточно сложный характер, т.к. при этом можно выделить не только *отраженный*, но и поглощенный и прошедший через растительный слой потоки лучистой энергии, в этом случае объектом исследований является скорее система «почва/растительность» (Экология растений, 2011).

Излучение, которое проникает в зеленые листья или отражается богаче темно/красной областью (700-800 нм) и беднее ярко-красной (620-680 нм), которое интенсивнее расходуется при фотосинтезе. В последнее время при дистанционном зондировании Земли стали использовать NDVI – *Индекс листовой поверхности растительности*, который оценивается по данным аэро – или космических снимков (Зитте и др., 2007). Его преимущества состоят в следующем:

- основан на измерениях излучения листвы в ярко-красном **Ir** (660 нм) и темно-красном (инфракрасном) **I fr** (730 нм) диапазонах спектра
- **NDVI = I fr – Ir / (I fr + Ir)**
- Чем плотнее почва покрыта фотосинтетически активной листвой, тем больше снижается отражение волн ярко-красного спектра (620-680 нм)

и увеличивается отражение темно-красного (700-800 нм)

- Имея такие данные аэро–космических снимков можно оценить заблаговременно урожай на очень больших площадях (например, озимых культур) и его перспективы, либо установить изменение в землепользование или естественной растительности (вызванное антропогенными или естественными факторами); оценить продуктивность естественных сообществ, в том числе в динамике за сезон или по годам, учитывая климатические параметры; растение приспособливает свою транспирирующую поверхность к количеству влаги, поступающей из почвы, поэтому увеличение засушливости климата способствует изреживанию лесов и снижению листового индекса.

При сложностях оценки продуктивности лесных экосистем и их динамики, в некоторых случаях первоначально рассчитывают листовой индекс или объем ствола (древесины) эдификаторов.

**Цель работы:** На основе популяционной базы и закартированных деревьев на учетной площади, размером 2500 м<sup>2</sup>, рассчитать листовой индекс лиственных видов деревьев в разных фитоценозах, сравнить и объяснить их различия.

Ход работы:

1. По гербарным образцам веточек различных видов деревьев, на которых листовая мозаика представлена листьями разного размера, определите с помощью сканирования, используя программу leafarea.dll, площади листьев и вычислите среднее значение одного листа;
2. Листовой индекс рассчитывается для разных видов деревьев, на основе произведения общей численности листьев дерева и средней площади листа данного вида; вычислив площадь всей листовой поверхности данного дерева, определите общую площадь листовой поверхности для всех деревьев этого вида на площадке;
3. Суммируя площади разных лиственных видов деревьев на учетной площадке нужно рассчитать листовой индекс фитоценоза;
4. Материал следует представить в виде гистограмм или графиков динамики листовых индексов разных видов лиственных деревьев;
5. Объяснить, почему снижается или увеличивается листовой индекс тех или иных лесообразующих лиственных видов деревьев от дубово-липовых сообществ к елово-сосново-широколиственным и сосновым фитоценозам.

Материалы и методы:

Закартированные учетные площади даются на основе «Популяционной базы растений» кафедры общей экологии. Вдоль южной опушки Раифского леса находятся леса из дуба с его спутниками: липой, вязом, ильмом, клёном и березой. По мере постепенного спуска к долине р. Сербулак к лиственным

породам присоединяются хвойные – сначала ель, затем сосна, и дубово-липовые леса сменяются елово-широколиственными, елово-сосново-широколиственными, елово-сосновыми и сосновыми лесами. Коды видов деревьев в базе «Раифа» – зона хвойно-широколиственных лесов и «Дачная» – зона широколиственных лесов: 1 – сосна; 2 – ель; 3 – липа; 4 – береза; 5 – дуб. Характеристики площадей листьев (березы, липы, дуба) и их количества (на вегетативных и генеративных деревьях) представлены в виде таблиц.

### ***Занятие 13. Использование индикационных возможностей растений и экологических шкал для мониторинга состояния фитоценозов в условиях различного природопользования (заповедник и рекреация)***

**Обоснование работы:** Состояние растительных сообществ зависит от типа природопользования. В условиях особо-охраняемых территорий (например, Волжско-Камский заповедник) сохранность и состояние фитоценозов отличается от фитоценозов, подверженных рекреационной нагрузке.

#### **Краткая характеристика методов анализа для оценки состояния фитоценозов**

Определение свойств среды по растениям и растительному покрову составляет содержание особой отрасли ботаники и экологии растений – фитоиндикации, или учения о растительных индикаторах.

Фитоиндикация – это наиболее доступный, мало затратный и быстрый способ оценки окружающей среды, состояния и характера почвенного покрова. Фитоиндикация охватывает широкий круг явлений, связанных с распознаванием тех или иных особенностей среды по её изменениям. Например, она может включать определение солёности водоёмов по характеру водной растительности; определение степени загрязнения воздуха в городах по видовому составу и состоянию растений и т.п. Также широко используется фитоиндикация для определения почвенно-грунтовых условий.

Мониторинг фитоценозов, произрастающих в условиях различного природопользования и антропогенного воздействия, бывает трудно провести инструментально. Однако тесная взаимосвязь растений с условиями существования позволяет не только по особенностям среды судить о потребностях растений, но и по характеру растительности дать заключение о свойствах экотопа, т.е. использовать растительность как индикатор условий.

По приспособлению к какому-либо фактору среды, выделяются экологические группы растений. Также каждый вид растений характеризуется экологической амплитудой – диапазоном значений экологического фактора, при котором возможно существование данного вида. Эвритопные виды имеют широкую экологическую амплитуду, стенотопные виды характеризуются узкой экологической амплитудой. Если

экологические амплитуды видов не перекрываются, то ЦП (ценопопуляции) видов совместно не встречаются и наоборот, если экологические амплитуды по данному фактору перекрываются, возможно, совместное существование ЦП этих видов. По типу произрастания в условиях определенных фитоценозов – выделяют эколого-ценотические или фитоценотические группы.

Описания растительных сообществ проводятся по общепринятым геоботаническим методам, с определением типа растительной ассоциации, доминантных и содоминантных видов растений, для лесного фитоценоза дается формула древостоя, оценка освещенности, и.т.д. (Воронов, 1972; Миркин и др., 2004).

Материалы и методы:

1. Для оценки сходства видового состава двух сообществ используется коэффициент общности Серенсена-Чекановского (КО):

$$KO = \frac{2c}{a + b}, \quad (1)$$

где а – число видов в первом сообществе, b – число видов во втором сообществе, с – число общих видов для первого и второго сообществ (Василевич, 1969).

Оценка антропогенного воздействия определяется при обработке геоботанических описаний и определении эколого-фитоценотического спектра.

**2. Фитоценотический анализ** проводится на основе определения эколого-ценотических групп (ЭЦГ) в различных фитоценозах. Подобный сравнительный анализ ЭЦГ позволяет выявить состояние растительных сообществ в условиях различного природопользования.

**Эколого-ценотические группы:**

- Nm – неморальные (виды растений, приуроченные к зоне широколиственных лесов)
- Br/Nm – бореально-неморальные (виды растений, произрастающие и в тех и других сообществах)
- Pn – боровые (виды растений, произрастающие в сухих борах)
- ExEd – лесо-луговые (виды растений, встречающиеся по опушкам и лесным полянам – опушечные)
- MDr – суходольных лугов (виды луговых трав, приуроченные к суходольным лугам и остепненным склонам)
- MFr – пойменных лугов (виды луговых трав, произрастающие на пойменных и сырых лугах)
- Wt – водно-болотные (растения низинных болот, сырых лугов и прибрежий)
- Rd – сорные (рудеральные)
- Для территории РТ также выделяют степные, лесостепные, лугово-



степные виды растений, приуроченные к зоне степей или лесостепи. А также культурные виды растений, часто дичающие в естественных растительных сообществах.

Таблица 1

Пример таблицы для сравнения двух сообществ по соотношению фитоценоотических групп

ЭЦГ	Сообщество 1 - эталонный участок, заповедник, памятник природы и т.д.		Сообщество 2 - нарушенный участок – рекреационная или лесопарковая зона	
	Количество видов	% от общего значения	Количество видов	% от общего значения
Боровые				
бореальные				
неморальные				
Суходольно-луговые				
Лесолуговые				
Лесостепные				
Степные				
Луговые				
Культурные				
Сорные				
и т.д., см. список растений				
Всего		100%		100%

3. **Оценка антропогенного воздействия** на фитоценоз определяется с помощью анализа геоботанических описаний и определения фитоценоотического спектра. После чего вычислялся индекс синантропизации сообществ, как отношение числа синантропных видов к общему видовому составу в процентах (Ильминских, 1993). По коэффициенту синантропизации ( $K_c$ ) выделяют *слабую* степень антропогенной нагрузки от 0-10,5%; *незначительную* – от 10,5 до 20,5 %; *умеренную* – от 20-30%; и *значительную* > 30,5%.

4. **Использование экологических шкал.** Для определения экологических условий местообитаний используются различные информационные базы данных – БД “ФЛОРА” кафедры общей экологии и базы данных «Флора сосудистых растений Центральной России» (Ханина, Заугольнова, Смирнова и др., 2003-2006 гг.), где даются индикационные особенности видов растений по экологическим шкалам Г. Элленберга, Е. Ландольта и Д. Н. Цыганова. Это даст возможность по составу видов определить характер освещенности, влажности, температурного режима, богатства и кислотности почв экотопа.

5. Для доминантных или, напротив, редких видов проведите анализ экологических условий местообитаний. Для выявления количественной оценки использования каждого экологического фактора тем или иным видом Л.Б. Жуковой с соавторами (2010) было предложено понятие «экологической валентности», а для комплекса факторов – «толерантности», или «бионтности» видов. Экологическую валентность и толерантность характеризуют с применением экологических шкал Д.Н. Цыганова (1983), отражающих бальные оценки оптимума существования видов растений.

Потенциальную экологическую валентность (PEV) вида рассматривают как меру приспособленности популяций конкретного вида к изменению только одного экологического фактора. Потенциальная экологическая валентность рассчитывается как отношение числа ступеней конкретной шкалы, занятой данным видом, к общей протяженности шкалы в степенях. Величина PEV равна доле диапазона ступеней конкретного вида от всей шкалы:

$$PEV = \frac{(A_{\max} - A_{\min} + 1)}{n}, \quad (2)$$

где  $A_{\max}$  и  $A_{\min}$  - максимальные и минимальные значения ступеней шкалы, занятых отдельным видом;  $n$  - общее число ступеней в шкале; 1 - добавляется как 1-е деление шкалы, с которого по данному фактору начинается диапазон вида.

При проведении исследований конкретных ценопопуляций (ЦП) или сообществ реализованную экологическую валентность (REV) можно представить в виде следующей формулы:

$$REV = \frac{(A_{\max} - A_{\min} + 0,01)}{n}, \quad (3)$$

где  $A_{\max}$  и  $A_{\min}$  - максимальные и минимальные значения ступеней шкалы, занятые конкретными ценопопуляциями на шкале;  $n$  - общее число ступеней в шкале; 0,01 - добавляется как 1-е деление шкалы, с которого встречаются изученные ценопопуляции.

Эффективность освоения экологического пространства вида конкретными ценопопуляциями по каждому фактору оценивается при помощи коэффициента экологической эффективности ( $K_{ec.eff.}$ ), который рассчитывается:

$$K_{ec.eff.} = \frac{REV}{PEV} \times 100\%, \quad (4)$$

где PEV - потенциальная экологическая валентность, REV - реализованная экологическая валентность.

Соотношение REV/PEV определяет степень использования экологических потенциалов вида изученными ценопопуляциями и дают возможность произвести анализ экологического предпочтения видов в сообществах разных растительных зон, а также вскрыть экологические механизмы устойчивости

популяций растений (Жукова и др., 2010).

Состав видов, описанных фитоценозов можно проанализировать по ряду характеристик: 1) систематическая принадлежность и соотношения семейств (флористический анализ); 2) эколого-ценотический анализ и соотношение ЭЦГ видов в сообществах; 3) сравнительный анализ жизненных форм, с определением биоморф по различным классификациям; 4) экологический анализ и соотношение экологических групп видов в сообществах.

**Цель работы:** На основе различных экологических характеристик растений (ареалогические, флористические, биоморфологические, фитоценотические) и индикационных особенностей видов, собранных в местообитаниях с различной степенью антропогенной нарушенности, дать оценку состояния растительных объектов и оценить качество среды в целом.

**Объекты:** Видовые списки разных сообществ и экологические характеристики видов. Как правило, геоботанические описания сделаны в растительных сообществах, произрастающих в разных условиях природопользования (Приложение 1).

Ход работы:

1. Использовать геоботанические описания, собранные в условиях заповедника и рекреации;
2. На примере растительных сообществ, произрастающих в разных условиях природопользования и антропогенного воздействия (заповедник и рекреации) дать оценку рекреационной нарушенности территории и состояния сообществ.
3. Использование различных экологических характеристик видов и экологических шкал, позволяет не только определить состояние фитоценоза на основе фитоиндикации, но и выявить экологические условия произрастания растений в нем.
4. Сделайте выводы о состоянии растительных сообществ в условиях различного природопользования.
5. Материал исследовательской работы представить в виде презентации.

**Занятие 14. *Использование индикационных возможностей растений и экологических шкал для мониторинга состояния фитоценозов в условиях оползнево-осыпных процессов***

**Обоснование проблемы:** Мониторинг экзогенных геологических процессов является составной частью системы Государственного мониторинга состояния

недр и заключается в наблюдении, оценке и прогнозе таких геологических процессов как эрозия, абразия, карст и оползневые процессы. Одним из решений, позволяющим оптимизировать затраты при постановке мониторинга оползневых процессов, могло бы стать введение в практику методов фитоиндикации.

### **Краткая характеристика метода фитоиндикации для анализа оползневых процессов и выявления сукцессионной динамики фитоценозов на оползневом склоне.**

Индикационная геоботаника – раздел геоботаники, рассматривающий растительные сообщества как показатель условий среды. Наряду с растительными сообществами индикационная геоботаника использует для определения условий среды и отдельные виды растений, их биолого-экологические характеристики и внутривидовые формы растений. Поэтому учение об оценке свойств среды по растениям называют фитоиндикацией.

Особенно важным для решения задач мониторинга экзогенных процессов является определение пространственных и временных закономерностей их проявления, прогнозирования тенденций развития и выделения наиболее опасных участков. Традиционные методы наблюдения за оползневыми процессами базируются на инструментальных и полунструментальных способах измерения определенных характеристик на грунтовых или опорных реперах, изучении свойств пород и грунтов, участвующих в формировании оползня, наблюдения за уровнем подземных вод в специально оборудованных скважинах. Применение всех вышеперечисленных методов требует значительных как ресурсных, так и временно-людских затрат.

Методы фитоиндикации позволяют дать предварительную оценку состояния фитоценоза на оползневых элементах. Для этого используются экологические, биоморфологические, фитоценотические, ареалогические и некоторые другие характеристики различных видов растений, а так же состав и структура растительного сообщества, отражающие его положение в сукцессионном (или демутиационном) ряду, которое, в свою очередь, возможно, зависит от возраста оползня, стабильности либо подвижности его морфологических элементов. Сукцессия – последовательная смена биоценозов, преемственно возникающих на одной и той же территории (биотопе) под влиянием природных или антропогенных воздействий. Как правило, сукцессионная смена биогеоценозов происходит в строгой последовательности. Демутация – смены растительности и животного мира (смены биоценозов), происходящие после их нарушения (дигрессии, например в результате оползня) и идущие в направлении восстановления сообществ прежнего состава (например, лесо- или луговосстановление).

#### **Морфологические элементы оползней представлены на рис. 1.**

На оползневых склонах выделяют (Емельянова, 1972; Золотарев, 1964

и др.) лишь крупные морфологические части, в совокупности, характеризующие общие черты устройства их поверхности.

*Надоползневый откос (1)* — крутосклонная (15—65°) плоская или вогнутая поверхность, отграничивающая оползень от стабильной части территории. На откосе обычно обнажаются породы в их первоначальном (часто коренном) залегании. Представляет собой верхнюю часть плоскости скольжения (срыва) пород. В области, расположенной за этим откосом, периодически возобновляется напряжение пород, способствующее зарождению новых трещин и оползневых смещений.

*Бровка надолзневого откоса (2)* ограничивает первичную стабильную часть склона, в пределах которой зарождаются элементы новых сдвигающих усилий и последующего оползания. В зависимости от литологии пород и времени образования бровка может быть более или менее сглажена или изрезана эрозионными формами, закрыта растительностью. Надолзневой откос и бровка представляют собой границу устойчивой территории и сместившегося участка.

*Тыловой шов (3)* — граничная линия подошвы откоса и нижележащей ступени, гряды или бугра. Нижележащие элементы относятся непосредственно к оползшей части пород и вместе именуются *оползевым телом*.

*Оползневые ступени (4)* — пологие или слабо бугристые поверхности, ограниченные внутренними оползневыми откосами. Образуются во всех частях оползневого склона в результате смещения крупных массивов и блоков пород, первоначальная структура и текстура которых преимущественно сохраняется или нарушается слабо. Как правило, расположение ступеней в плане оползня перпендикулярно к направлению смещений. Их количество в ряде случаев отражает повторность оползневых смещений, что в свою очередь характеризует продолжительность эволюции оползневого процесса и общую картину нарушений пород на склоне.

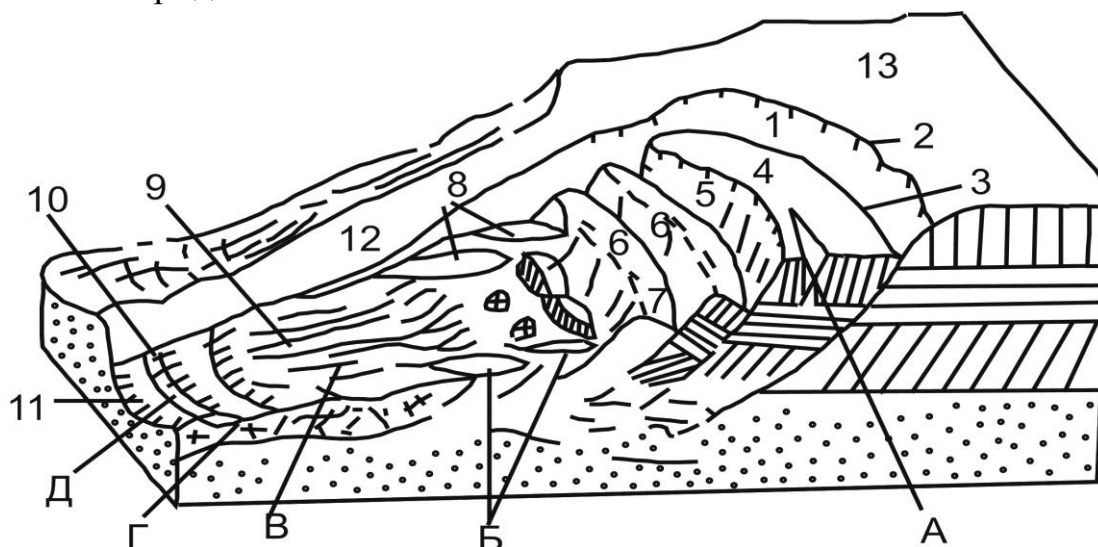


Рис. 1 Основные морфологические элементы оползня.

Степень эродированности или сглаженности отдельных оползневых ступеней при прочих равных условиях указывает на их возрастные соотношения.

*Внутриоползневые откосы (5)* — круто наклонные поверхности, ограничивающие оползневые ступени. Они образуются в результате последовательно развивающихся смещений и представляют собой верхнюю обнаженную часть поверхностей скольжения (нередко со следами штриховки и зеркалами скольжения). В зависимости от состава и свойств пород и характера их движения откосы приобретают плоский или вогнутый профиль разной крутизны, а в зависимости от амплитуды смещений — разную высоту.

*Оползневые гряды (6)* — крутосклонные (до  $45^\circ$ ), преимущественно симметричные сильно вытянутые гряды с резко выраженными гребнями. Образуются в результате сильного запрокидывания оползневых ступеней при смещении по крутовогнутой поверхности, по типу срезов с вращением (Маслов, 1961), а также в результате скалывания (или проседания) тыловой части оползневых ступеней. В результате формирования гряд залегание пород изменяется, но текстура их по протяженности гряд остается прежней. Многочисленные гряды характерны для прочных литологически разнородных, слоистых толщ.

*Ложбины (7)* — преимущественно удлиненные пологие, часто бессточные понижения, расположенные близко от постели оползня, и разделяющие ступени и гряды. Ложбины являются участками скопления делювия атмосферных вод, а иногда и зоной разгрузки водоносных линз, содержащихся в отдельных вышележащих ступенях или грядах.

*Оползневые бугры (8)* — преимущественно овальные, округлые формы слабовыраженные в рельефе оползня. Возникают на участках скопления сравнительно небольших оползневых смещений (пачек пород, глыб обломков) и нередко связаны с процессами пучения. Бугры указывают на места скопления пород значительной раздробленности, смятых, трещиноватых. При нарушении установившихся условий бугристые участки могут прийти в движение.

*Оползневый поток (9)* — движущаяся масса пород со сравнительно мелкоффрированной поверхностью, пересеченной многочисленными продольными и поперечными трещинами. Образуется в результате переувлажнения пород на склоне. Характеризуется удлиненной по склону нередко ветвистой, формой, которая обычно приобретает наиболее яркую выраженность в рельефе оползня лишь в средней и нижней частях. Потоки указывают на места выклинивания подземных или скопления атмосферных вод на склоне, на участки бесструктурного характера пород утративших устойчивость и обладающих максимальной постоянно ритмичной подвижностью. Потоки соответствуют участкам активного выноса пород со склона.

*Натечные валы (10)* — дугообразные в плане, очень мелкие, преимущественно натечные формы, присущие нижним (горловинным)

частям оползневых потоков. Возникают в результате циклического движения переувлажненных землистых масс и характеризуются поперечным расположением. Натечные валы на оползневом склоне указывают на участки некоторой аккумуляции текучих масс.

*Валы выпирания* возникают при движении оползня в определенных геологических условиях в нижних частях склонов, когда поверхность скольжения проходит ниже подошвы склона. На водохранилищах вследствие подъема уровня Волги валы выпирания скрыты от наблюдения

*Оползневые языки (11)* — овальные формы, возникающие в нижних частях склонов и образующие выступы оползневого тела. Указывают на участки аккумуляции сносимых со склона сильно нарушенных, обломочных пород, часто бесструктурного материала в переувлажненном (текуче-пластичном) состоянии. По мере увеличения мощности оползневых масс и укрепления их растительностью языки служат естественными контрфорсами оползневого склона.

*Межоползневые гребни (12)* — крутосклонные ( $35\text{—}55^\circ$ ) сравнительно узкие останцы ненарушенных пород, ориентированные поперек склона. Очертание преимущественно извилистое, нередко ветвистое. Степень сохранности гребней частично отражает эволюцию оползневого процесса. Простые гребни служат боковыми границами оползня, а ветвистые (сложные) разделяют группу оползней, расположенных ярусно. В ряде случаев нижние части гребней погребены под оползневыми накоплениями и в таком случае сдерживают движение пород по склону.

*Оползневые борта* — откосы ненарушенного (в коренном или первоначальном) залегания пород; служат боковыми границами оползней в случае одиночного их расположения на склоне.

*Первоначальный склон (коренной склон) (13)* — первоначальная поверхность склона, непосредственно прилегающая к оползневому телу.

*Прочие элементы* — не связанные непосредственно с оползневым процессом: гидрографическая и эрозионная сеть, озера, суффозионные воронки, осыпи, абразионный откос, пляжи, полосы взмученного материала и др. Все они используются как индикаторы при дешифрировании истории формирования и современного развития оползней.

*Оползневые трещины* по своему характеру связаны с геологическим строением и механизмом оползневого движения. Анализ их строения и размещения может дать качественное представление об общем характере распределения напряжений в оползневом склоне. В какой-то степени трещины отражают прочность пород, характер и размеры деформаций, рельеф ложа оползня, а также направления активного движения воды в оползневом теле, участки дренажа. Наиболее доступны и показательны для изучения поверхностные оползневые трещины. Последние в районе Поволжья наиболее четко наблюдаются на молодых современных оползнях.

Растительность склонов, являясь одним из компонентов склоновых ландшафтов, выступает с одной стороны как один из факторов, участвующих

в создании равновесия масс, слагающих склоны, и в этом отношении количественный учет влияния растительности представляет значительный интерес при инженерно-геологических расчетах устойчивости склонов. С другой стороны, растительность является наиболее зримым и легко доступным для наблюдения компонентом среды и может выступать как индикатор склоновых условий и процессов. Исследование взаимодействия растительности с оползневыми процессами склонов включает в себя анализ влияния, оказываемого на склон растительность, а также влияния склоновых условий и процессов на растительность. На основе биоиндикационных методов дать оценку состояния оползня. Алгоритм работы представлен ниже (рис. 2).

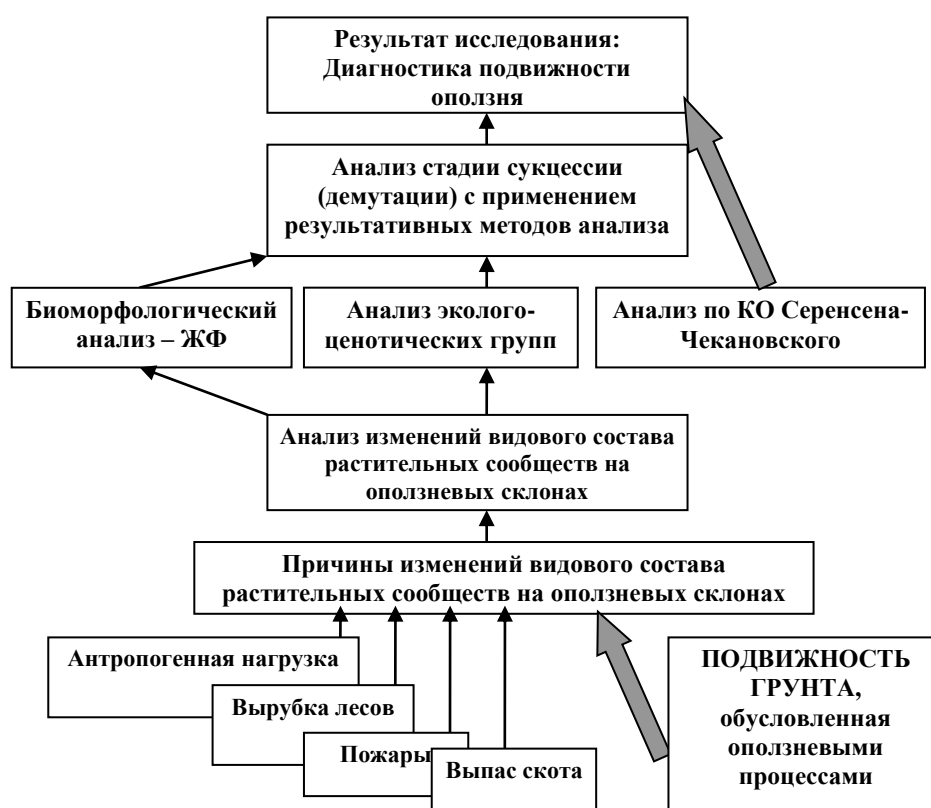


Рис.2 Алгоритм исследований

### Методы анализа

1. Флористический анализ проводится по общему составу видов фитоценозов по отдельным геоморфологическим элементам оползня. Фитоценотический анализ видов проводится на основе определения эколого-ценотических групп (ЭЦГ) в различных фитоценозах (например, сгруппированных по морфологическим структурам оползня). Подобный сравнительный анализ ЭЦГ позволяет выявить состояние и положение фитоценозов в сукцессионном ряду сообществ (например с фитоценозом коренного склона). Составьте спектр эколого-ценотических групп растений



исследуемых сообществ. Сравните спектры сообщества коренного склона и вашего элемента оползня;

2. Анализ жизненных форм проводится по классификации Раункиера (1913) по положению почки возобновления, и по классификации И.В. Серебрякова (1952), которая отражает не только общий "габитус" растения, но и характер подземных органов, семенного и вегетативного размножения растений. Оказывается, что наиболее показателен сравнительный анализ жизненных форм по строению подземных органов, так как он обуславливает некоторые стратегические особенности видов (конкурентоспособность, толерантность и реактивность), а главное возможность закрепления и самоподдержания ценопопуляции вида в сукцессивном ряду сообществ.

3. Биоморфологический анализ – это анализ соотношения жизненных форм (ЖФ). Жизненная форма – габитус или внешний облик растений отражает приспособленность растений к условиям среды.

Заполните таблицу:

Таблица 2

Жизненные формы	Сообщество 1 (коренной склон)		Сообщество 2 (укажите исследуемый элемент оползня)	
	Количество видов	% от общего значения	Количество видов	% от общего значения
Деревья				
Кустарники				
Многолетние травы				
Двулетние травы				
Однолетние травы				
Всего		100%		100%

По вычисленным процентным значениям постройте график, показывающий различия в спектре жизненных форм между двумя сообществами.

4. Экологический анализ с выделением экологических групп видов по отношению к основным факторам среды (свет, влага, почва) позволяет выявить появление (например, на элементах оползня или в условиях антропогенного воздействия) мезофитной или гигрофитной, либо ксерофитной светлюбивой растительности, отличной от растительности коренного сообществ.

Экологический анализ – анализ соотношения разных экологических групп.

Выделяют экологические группы по отношению к различным экологическим факторам, например к свету, влаге. Заполните таблицы, составьте гистограммы, проанализируйте полученный результат.

Таблица 3

ЭГ по отношению к свету	Сообщество 1 (коренной склон)		Сообщество 2 (укажите исследуемый элемент оползня)	
	Количество видов	% от общего значения	Количество видов	% от общего значения

Светолюбивые				
Теневыносливые				
Всего		100%		100%

Таблица 4

ЭГ по отношению к влаге	Сообщество 1 (коренной склон)		Сообщество 2 (укажите исследуемый элемент оползня)	
	Количество видов	% от общего значения	Количество видов	% от общего значения
Ксерофиты				
Мезоксерофиты				
Мезофиты				
Мезогигрофиты				
Гигрофиты				
Всего		100%		100%

5. Геоботанические характеристики видов (проективное покрытие, встречаемость и их динамика) используются для анализа фитоценозов и смены доминантов в них по оползневым элементам. Виды растений группируются по следующим категориям:

1. виды растений, отмеченные на всех элементах оползня (по данным видам сосудистых растений провели анализ геоботанических характеристик (проективное покрытие и встречаемость);
  2. виды растений, отмеченные только на определенных элементах оползня, которые были проанализированы по геоботаническим характеристикам и их динамике в сукцессивном ряду растительных сообществ оползня.
  3. виды растений, выделенные по ценотической значимости (эдификаторы, доминанты, содоминанты) и их динамика в сукцессионном ряду растительных сообществ оползня;
6. Составьте спектр эколого-фитоценотических групп растений исследуемых сообществ. Сравните спектры сообщества коренного склона и вашего элемента оползня. После этого вычисляется **индекс синантропизации** сообществ, описанный выше (Ильминских, 1993);
7. Для оценки сходства видового состава описанных фитоценозов используется коэффициент общности Серенсена-Чекановского (КО) или Жакара, учитывающий факт присутствия того или иного вида в изучаемых фитоценозах. Значение КО изменяется от 0 до 1, чем ближе показатель КО к единице, тем сообщества ближе друг к другу по видовому составу.

**Цель работы:** Определить состояние оползневых процессов, степень их активности/стабильности методами фитоиндикации. Используя знания о спектре ведущих семейств растений, а также биоморфологических, экологических и эколого-фитоценотических группах определить состав и условия фитоценозов разных оползневых элементов и сравнить их с таковыми на коренном склоне.

**Объекты:** Видовые списки растительных сообществ разных элементов оползня и экологические характеристики видов.

**Выводы:**

1. Оценить состояния оползня – стабильность либо активность (условно-стабильные склоны или активно-оползневые склоны), на основе соответствия с коренным склоном:
  - а) на основании коэффициента общности Серенсена-Чекановского;
  - б) на основании соотношения жизненных форм растений;
  - в) на основании соотношения эколого-ценотических групп видов растений;
  - г) на основании экологических групп по характеру лимитирующих факторов (влажность, освещенность и т.д.);
2. Определить какие типы анализа наиболее эффективны и информативны;
3. Представить материал исследования в виде отчета и предложить оперативные мероприятия для стабилизации оползневых процессов.

## **Раздел V Методы биоиндикации и экологические шкалы**

Практические потребности современного экономического сообщества способствуют развитию мало затратных, но эффективных методов биоиндикации, и определяют необходимость развития данного способа для оценки пригодности земель различного использования, благоприятности местообитаний редких видов, для инвентаризации состояния особо-охраняемых территорий и т.д. Если углубленный полный анализ состояния почв требует много времени и труда, то многие особенности почвенного покрова можно легко определить по населяющим ее растениям-индикаторам.

Растительные сообщества, а также отдельные виды, обладающие достаточно определенной и стойкой связью с условиями среды и используемые для распознавания этих условий, называют индикаторами. Условия, определяемые с помощью индикаторов, называются объектами индикации, или индикатами, а процесс определения – индикацией. Индикаторами могут быть отдельные организмы или их сочетания (фитоценозы), присутствие которых указывает на определенные свойства окружающей среды. Однако часты случаи, когда тот или иной вид или фитоценоз имеет очень широкую экологическую амплитуду и поэтому не является индикатором, но отдельные признаки его резко меняются в разных экологических условиях и могут быть использованы для индикации.

Связь между индикатором и индикатом называется индикационной. В зависимости от характера индикационной связи индикаторы делятся на прямые и косвенные. Прямые индикаторы связаны с индикатом непосредственно и обычно зависят от его присутствия.

Примером прямых индикаторов, например, подземных вод могут служить в аридных регионах сообщества с господством растений из группы

облигатных фреатофитов (т. е. растений, постоянно связанных с грунтовыми водами) – чаевники (ассоц. *Achnatherum splendens*), сообщества верблюжьей колючки (виды рода *Alhagi*). Эти сообщества не могут существовать вне индикационной связи, и если она нарушена – они погибают. Косвенной, или опосредованной, называется индикационная связь, осуществляемая через какое-то промежуточное звено, связывающее индикатор и индикат. Прямые индикаторы более надежны и достоверны, чем косвенные (Викторов и др., 1988).

По степени географической устойчивости индикационных связей индикаторы могут быть разделены на региональные и локальные. Значительно более часты региональные индикаторы, имеющие постоянную связь с индикатом лишь в пределах определенной физико-географической области, и локальные, сохраняющие индикационное постоянство лишь на площади известного физико-географического района. Как те, так и другие оказываются большей частью косвенными (Викторов и др., 1988).

Индикаты, определяемые с помощью ботанических показателей, очень разнообразны. Ими могут быть как различные типы определенных природных объектов (почв, горных пород, подземных вод и т. д.), так и различные свойства этих объектов (механический состав, засоленность, трещиноватость и др.), и определенные процессы, протекающие в окружающей среде (эрозия, суффозия, карст, дефляция, заболачивание, миграция солей и т. д.), и отдельные свойства среды (климат). Когда объектом индикации является тот или иной процесс, в качестве индикаторов выступают не отдельные виды или фитоценозы, а взаимосвязанные системы растительных сообществ, их эколого-географические ряды или сукцессионные серии. Индикатами могут быть не только естественные процессы, но и изменения, создаваемые в окружающей среде человеком, происходящие в ней при мелиорации, воздействии на нее промышленных предприятий, добыче полезных ископаемых, при строительстве и т.д.

## **Занятие 15. *Использование экологических шкал для определения экологических условий и выявления различных компонентов среды***

**Обоснование проблемы:** Тесная взаимосвязь растений с условиями существования позволяет судить об особенностях среды по характеру растительности и видовому составу сообществ, что дает возможность рассматривать растительность как индикатор условий. Растительность чутко реагирует на изменение экологических факторов, вследствие чего возможно определение экологических условий по специфике растительного сообщества.

### **Краткая характеристика**

Биоиндикация – это использование хорошо заметных и доступных для наблюдения биологических объектов с целью определения компонентов менее легко наблюдаемых. Слово биоиндикация образовано от греческого *bios* – жизнь и латинского *indicare* – указывать, под биологическими объектами понимаются любые биологические системы на различных уровнях организации.

Еще в начале XX века рядом ученых были выдвинуты предположения, что абиотические факторы среды обуславливают видовую специфичность растительных сообществ. Но только работы Л. Г. Раменского впервые показали реальные возможности использования экологических свойств растений для определения степени выраженности абиотических факторов. Таблицы, которые содержали реакции отдельных видов к различным экологическим факторам, он назвал *экологическими шкалами*. Экологические шкалы – это балловые таблицы характеристик экологии видов, на основе которых производится оценка условий среды. В настоящее время известны шкалы более 20 авторов, основанные на оценках, полученных в естественных условиях. Наиболее популярны отечественные шкалы Л. Г. Раменского (Раменский и др., 1956), Д. Н. Цыганова (1983), а также европейские шкалы Г. Элленберга (Ellenberg, 1974) и Э. Ландольта (Landolt, 1977). Все экологические шкалы подразделяются на диапазонные (амплитудные) и точечные. Амплитудные шкалы (шкалы Л. Г. Раменского, Д. Н. Цыганова) содержат балловую оценку диапазона на шкале фактора, а точечные (шкалы Г. Элленберга, Э. Ландольта) – балловые оценки экологических оптимумов видов. Следует помнить, что в амплитудных шкалах среднее значение не всегда совпадает с их экологическим оптимумом, который может быть сдвинут к какому-либо из крайних значений.

Таблица 1

Характеристика экологических шкал (по Л.Г. Ханиной)

Признаки	Экологические шкалы			
	Раменский, 1956	Элленберг, 1974	Ландольт, 1977	Цыганов, 1983
Общее число видов	1419	2494	3411	2304
Число шкал	5	6	8	10
Тип шкал	диапазонные	балловые	балловые	диапазонные
<b>Число градаций в разных шкалах</b>				
увлажнения почв	120	12	5	23
богатства почв азотом	-	9	5	11
трофности почв (богатства-засоления почв)	30	-	5	19
кислотности почв	-	9	5	13
степени гранулированности почв	-	-	5	-
переменности увлажнения почв	20	-	-	11
пастбищной дигрессии почв	10	-	-	-
аллювиальности почв	10	-	-	-
освещенности/затенения	-	9	5	9

термоклиматическая	-	9	5	17
континентальности климата	-	9	5	15
аридности/гумидности климата	-	-	-	15
криоклиматическая	-	-	-	15

Л. Г. Раменский разрабатывал экологические шкалы для южных областей Европейской части России. В шкалах Д.Н. Цыганова преобладают виды, распространенные в подзоне хвойно-широколиственных лесов. Э. Ландольт и Г. Элленберг разрабатывали шкалы в первую очередь для Центральной и Западной Европы. По мере накопления новых данных стали создаваться региональные шкалы. Для территории Республики Татарстан были регионализированы некоторые экологические шкалы Г. Элленберга (Шагиев и др., 2011). В результате получены распределения вероятностей для видов флоры РТ по факторам почвенного плодородия, почвенной влажности и освещенности.

**Цель работы:** На основе геоботанических описаний с помощью различных экологических шкал, разработанных для разных видов растений, определить экологические условия местообитания.

**Объекты:** Видовые списки разных сообществ с указанием проективного покрытия или обилия видов; экологические шкалы Д. Н. Цыганова, Г. Элленберга, Э. Ландольта, региональные экологические шкалы Б. Р. Шагиева.

Ход работы:

1. Используйте геоботаническое описание выбранной площадки, которое содержит список видов и их обилие. Составьте таблицы (удобнее в Excel), которые бы содержали список видов, их обилие и экологические шкалы (Цыганова, Элленберга, Ландольта, региональные шкалы).
2. Для обработки геоботанических описаний по амплитудным шкалам Д. Н. Цыганова используйте *метод средневзвешенной середины интервала*. Для каждого вида находится значение середины его экологического интервала, оно умножается на числовое значение участия вида (например, обилие, выраженное в % проективного покрытия), затем сумма полученных произведений делится на сумму числовых значений участия. При этом оценка экотопа смещается от середины интервала максимального перекрытия в сторону амплитуд видов с большим участием. Виды с большим участием вносят больший вклад в итоговое значение.

Таблица 2

Пример обработки геоботанических описаний по амплитудным шкалам  
Д. Н. Цыганова

Название вида	Обилие вида	Баллы по экологической шкале Цыганова			
		Nt1	Nt2	Nt среднее	Nt среднее*обилие
					и т.д...

Вид 1	5	1	9	5	25	
Вид 2	2	5	11	8	16	
Вид 3	1	-	-	-	-	
Вид 4	0	3	10	-	-	
Сумма	5+2=7				25+16=41	
					41/7=6	

Оценка экотопа 6 баллов получается путем деления суммы произведений средин диапазонов на числовые значения участия на на сумму цифровых значений участия.

Виды 3 и 4 не используются, так как вида 4 нет на нашей площадке – его обилие равно нулю, а для вида 3 нет данных в шкале.

3. Для обработки геоботанических описаний по шкалам Г. Элленберга и Э. Ландольта списки видов обрабатываются следующим образом: для каждого вида находится его балл по шкале, умножается на числовое значение участия вида. Эти произведения суммируются, и сумма делится на сумму всех числовых значений участия видов.
4. Обработка геоботанических описаний по вероятностным шкалам Б. Р. Шагиева ведется аналогично обработке по шкалам Г. Элленберга. В качестве индикаторных значений следует использовать класс с максимальной вероятностью.
5. Определите экологические условия:
  - климатические;
  - влажность почвы и уровень залегания грунтовых вод;
  - почвенные факторы, такие как азотообеспеченность (почвенное плодородие), кислотность, гранулометрический состав почвы (пески, супесь, глины, разрушенные известняки, галечники и т.д.);
  - содержание различных элементов – органических веществ, кальция, наличие минеральных веществ – солей, химические особенности пород (гипсоносность, ожелезненность, карбонатность, залегание торфа и др.);
  - тип растительности, лес, луг и т.д.
6. Сравните использованные экологические шкалы. Какая дала наилучший результат, была более точна и удобна в использовании?
7. Регионализированные шкалы Б. Р. Шагиева сравните со стандартными шкалами Г. Элленберга.
8. Оформите результаты в виде отчета в формате .doc

## ***Занятие 16. Использование различных экологических шкал для оценки условий, пригодности и состояния местообитаний редких видов растений***

**Обоснование проблемы:** Утрата, фрагментация и ухудшение эколого-фитоценологических условий местообитаний сказывается на состоянии популяций редких видов растений. Периодическая инвентаризация местообитаний способствует охране биоразнообразия, определяя

перспективы существования редких видов.

### Краткая характеристика

В процессе интенсификации антропогенных воздействий на природные комплексы особой опасности подвергаются виды, встречающиеся в небольшом количестве или на ограниченной территории – это редкие и исчезающие виды. По В.И. Чопику (1978) «*редкие* виды – это виды с ограниченным числом популяций, локализованные в пределах узкого ареала и не имеющие тенденции к его изменению, либо виды с рассеянно распространенными немногими отдельными популяциями на более значительной территории». Как правило, это относится не к виду как токовому (исключение составляют эндемичные виды), а виду на определенной части ареала. Целесообразно подразделять редкость видов на «первичную» – естественную и «вторичную» – вызванную антропогенными воздействиями. Причины первичной редкости могут быть различны: 1. *экологические*, например, это стенобионтные виды, приуроченные к узким экологическим нишам; 2. *исторические* – характерны для реликтовых видов или видов с узким и дизъюктивным ареалом; 3. *географические* – для видов, находящихся на границе ареала; 4. *биологические* – специфические биолого-экологические особенности видов препятствуют их широкому распространению. Редкие виды часто относят к «ключевым» или «индикаторным» видам (Жизнеспособность ..., 1989), т.к. их разнообразие и состояние популяций отражает устойчивость функционирования экосистем.

*Исчезающие* виды могут быть и редкими и довольно часто встречающимися, но ареал подобных видов по какой-либо причине сокращается, местонахождения уничтожаются, изменяются условия местообитаний, нарушается или прерывается жизненный цикл, уменьшается или уже достигла критического уровня их численность.

Утрата местообитаний означает, что количество участков, пригодных для существования вида сокращается, а их фрагментация приводит к тому, что подходящие местообитания дробятся на мелкие, часто изолированные территории, что снижает контакты между особями и в целом приводит к быстрому нарушению экологических условий (Хански, 2015). В деле рационального природопользования и охраны живой природы концепция местообитания оказывается важнейшей, т.к. наличие подходящего местообитания – это основное условие выживания популяций и видов. По И. Хански «местообитание – это набор природных ресурсов и условий окружающей среды, определяющих возможность существования, выживания и воспроизведения популяций организмов, характерных для какой-либо территории, на которой возможно обитание вида». Разрушение местообитаний выражается в изменение количества, качества или пространственной конфигурации местообитания одного или более видов, которое сопровождается деградацией, фрагментацией и утратой подходящих местообитаний. Под утратой местообитания понимается значительное



сокращение общей площади местообитания или его полное разрушение.

**Цель работы:** Оценить состояние и пригодность предложенных местообитаний редких видов растений в различных условиях природопользования (ООПТ, малонарушенные или, напротив, антропогенно нарушенные участки)

**Объекты:** Редкие виды растений и видовые списки разных сообществ, где они встречаются; экологические шкалы Д. Н. Цыганова, Г. Элленберга, Э. Ландольта, региональные экологические шкалы Б. Р. Шагиева.

Ход работы:

1. Используя базу «Флора» кафедры общей экологии подберите несколько (3-5) геоботанических описаний фитоценозов, в которых встречаются редкие виды растений: например, редкие *степные* виды – адонис весенний, ковыль перистый, василек русский; копеечник крупноцветковый; *болотные* – пальчатокоренник пятнистый или п. Фукса, клюква болотная, пушица влагалищная; подбел многолистный; *луговые* – купальница европейская; девясил высокий, касатик сибирский, ятрышник шлемоносный; *лесные* – линнея северная, толокнянка обыкновенная, грушанка зеленоцветковая; башмачок настоящий, лилия опушенная и т.д.;
2. По Красной Книге РТ (2016) ознакомьтесь с категориями редкости данных видов, а по справочной литературе определите их биолого-экологические особенности и экологические предпочтения;
3. Для определения качества местообитаний и их благоприятности для редких видов используйте геоботанические описания сообществ в условиях разного природопользования;
4. На основе использования различных экологических шкал (Цыганова, Элленберга, Ландольта, региональные шкалы) определите климатические, почвенные, световые экологические условия;
5. Постройте полиграммы экологических факторов выбранных местообитаний с использованием различных экологических шкал и выявите абиотические условия произрастания редких видов растений;
6. Определите потенциальную и реальную экологическую валентность и эффективность освоения экологического пространства конкретными ценопопуляциями вида в разных условиях природопользования при помощи коэффициента экологической эффективности (К.ес. eff.) (Экологические шкалы..., 2010), метод описан выше (задание №13);
7. Для комплекса экологических факторов используйте понятия «толерантности» и «бионтности» видов.

В основе деления видов по фракциям валентности лежит экспертная оценка экологических шкал Д.Н. Цыганова, для конкретного вида, согласно которой *стенувалентными* считаются виды, занимающие менее 1/3 шкалы,

*эвривалентными* – более 2/3 шкалы, остальные виды – *мезовалентные*. Популяции стеновалентных видов характеризуются низкой потенциальной экологической валентностью (РЕV) и могут выдержать лишь ограниченные изменения экологического фактора, а популяции эвривалентных видов (с высокой потенциальной экологической валентностью) способны занимать различные местообитания с чрезвычайно изменчивыми условиями по данному фактору (Экологические шкалы..., 2010).

Предполагается, что для характеристики отношения конкретного вида к совокупному воздействию нескольких факторов целесообразно использовать понятие стено-мезо-эврибионтности. Каждый вид обладает набором величин потенциальных экологических валентностей, число которых соответствует числу рассматриваемых факторов. Соотношение суммы потенциальных экологических валентностей конкретного вида с числом шкал и с учетом того, что вклад каждой шкалы равен единице, дает меру стено-эврибионтности или индекс толерантности ( $I_t$ ) конкретного вида:

$$I_t = \Sigma PEV / \Sigma \text{ шкал рассматриваемых факторов} \quad (1)$$

Для расчета климатического индекса толерантности ( $I_t$  клим.) объединяют 4 шкалы Д.Н. Цыганова (1983):  $T_m$  – термоклиматичность,  $K_n$  – континентальность климата,  $O_m$  – омброклиматичность, определяющая степень аридности-гумидности климата;  $C_r$  – криоклиматическая шкала определяет суровость-мягкость зимы, с учетом средней температуры самого холодного месяца;

Для почвенного индекса толерантности ( $I_t$  почв.) – 5 шкал:  $H_g$  – увлажнение почвы;  $T_r$  – солевого режима;  $N_t$  – азотообеспеченности;  $R_c$  – кислотности;  $fH$  – переменности увлажнения почв; можно добавить и шкалу освещенности-затенения ( $L_c$ ). При расчете общего индекса толерантности объединяют климатические и почвенные экологические шкалы, а также шкалу освещенности-затенения (Экологические шкалы..., 2010).

Виды по группам толерантности и по фракциям экологической валентности распределяются по единому принципу:

стеновалентная и стенобионтная – показатель валентности или индекс толерантности не превышает 0,33;

гемистеновалентная и гемистенобионтная – от 0,34 до 0,45;

мезовалентная и мезобионтная – от 0,46 до 0,56;

гемиэвривалентная и немиэврибионтная – от 0,57 до 0,66;

эвривалентная и эврибионтная – от 0,67 и выше

#### **Дополнительное задание:**

8. Можно рассчитать подобные характеристики не только для изучаемых редких видов, но и для всех видов растений конкретного фитоценоза и построить гистограммы процентного соотношения видов растений по

- стено-эврибионтности для каждого конкретного местообитания;
9. Определить какие виды по стено-мезо-эврибионтности преобладают в различных местообитаниях, и охарактеризовать эффективность данного метода;
  10. Проведите дополнительно эколого-фитоценотический анализ фитоценозов, выбранных местообитаний;
  11. Сделайте выводы о благоприятности или не пригодности выбранных местообитаний для того или иного редкого растения;
  12. Оцените эффективность использования разных шкал для местообитаний тех или иных видов.

### **Занятие 17. *Использование растений в целях индикации и изысканий почвенных, гидрологических и геологических условий***

**Обоснование проблемы:** Теснейшая взаимосвязь растений с окружающей средой может использоваться для и изысканий почвенных, гидрологических и геологических условий

#### **Краткая характеристика**

Основой биоиндикации является теснейшая взаимосвязь и взаимообусловленность всех явлений природы. В. В. Докучаевым было развито представление о почве, как об особом естественноисторическом образовании; особенно четко проявляются взаимообусловленные связи почвенного и растительного покрова.

Педоиндикацию (индикация почв) и литоиндикацию часто объединяют в геоиндикацию.

Гидроиндикация – индикация грунтовых вод, основывается на особенности многих растений развиваться лишь при связи их корневой системы с водонасыщенными горизонтами. Здесь, как и в области литоиндикации, используются растительные сообщества с господством глубоkokорневых растений. При геоботанической индикации возможно оценка минерализации грунтовых вод. При этом показателями высокоминерализованных грунтовых вод являются часто те же сообщества, которые индицируют и соленосные подстилающие и горные породы.

Индикация полезных ископаемых во многом отличается от других направлений индикационной геоботаники. По характеру связи с индикатом, индикаторы делятся на прямые, имеющие непосредственную связь с индикатами, и косвенные, связанные с индикатом через промежуточное звено. Например: косвенным индикатором дизъюнктивных тектонических нарушений земной коры являются приуроченные к ним полосы влаголюбивой мезо - и гидрофитной растительности, связанные с восходящим движением грунтовых вод по разрывам.

В качестве прямых индикаторов здесь используются обычно не растительные сообщества, а отдельные виды, мелкие внутривидовые формы растений, а также тераты (формы с аномальными особенностями). В основе

индикации при этом лежат установленные наблюдениями факты о сильной формообразующей роли многих соединений, а также о патологическом влиянии их на внешний облик растения – его окраску, морфологию его органов и на их типичные пропорции. Косвенная индикация может производиться и по сообществам, если они обозначают литологические разности пород, с которыми связана распространение определённых полезных ископаемых. Но такие косвенные индикаторы имеют обычно локальный характер, и поэтому практическое значение их ограничено.

*Индикаторы горных пород, поверхностных отложений и полезных ископаемых*

Наиболее тесные связи растительности с горными породами наблюдаются в тундровых и лесотундровых ландшафтах.

В лесотундрах Апатитов к нифелиносодержащим породам приурочены ивняки и субальпийские разнотравные луга, а к другим породам - заросли можжевельника и злаковые луга. В среднегорьях Саянов на сильно метаморфизованных песчаниках преобладают лишайниковые тундры, на известняках - тундровые разнотравно- травянистые ассоциации, на выходах гранитов - моховые тундры.

В лесной зоне на Северном Урале к оливиновым породам приурочены сухие травяные сосняки, а на метаморфических сланцах распространены сырые мшистые ельники и пихтачи. Гранитные массивы в Кокчетавской области покрыты редкостойными лишайниковыми сосняками, а многочисленные трещины в гранитах заняты травяными березняками.

В лесах Общего Сырта на глинистых сланцах сосна, дуб, липа, осина приобретают уродливую, низкорослую форму.

В пустынных горах юга Средней Азии на выходах известняков обычны деревья и кустарники, на засоленных глинах и мергелях - полукустарнички, а на песчаниках и галечниках - полукустарники и ксерофитные травы. К постоянным индикаторам мела и известняков относятся степные и полупустынные кальцефилы (*Hyssopus cretaceus*, *Thymus cretaceus*, *Jurinea cretacea*, *Anabasis cretacea* и др.), что получило отражение даже в их видовых названиях.

Большое значение имеет изучение индикационных связей растений с геолого-геоморфологическими условиями, литогенной основой ландшафта, материнскими почвообразующими породами.

В подзоне северных пустынь Средней Азии и Казахстана к индикаторам гипсоносных глин относятся сообщества *Anabasis salsa*, *Atriplex cana*, *Limonium suffruticosum*, *Camphorosma monspeliaca*, переслаивающихся суглинков, супесей и песков *Artemisia terrae-albae*, *A. lerchiana*, *Anabasis aphylla*, ожелезненных песков и песчаников - *Arthrophytum pulvinatum*, *A. lechmannianum*, песков и супесей - *Stipa capillata*, песков - *Artemisia tschernieviana*, *Leymus racemosus*, *Agropyron fragile*, сильнозасоленных илистых отложений - *Halocnemum strobilaceum*, известняков - *Convolvulus fruticosus*, *Anabasis brachiata*, *A. truncata*. В подзоне южных пустынь, в частности в Каракумах, к индикаторам современных подвижных песков

относятся такие псаммофилы первого порядка, как *Calligonum arborescens*, *Stipagrostis karelinii*, *Eremosparton flaccidum*, древнеэоловых задерненных песков - сообщества *Haloxylon persicum* - *Carex physodes*, древнедельтовых глинистых отложений Теджена - *Salsola gemmascens*, северо-афганских рек – *Artemisia badhysi*, предгорно-лессовых отложений - *Poa bulbosa*, *Carex pachystyus*. В Заволжье к сыртовым глинам неогена приурочены ассоциации *Stipa lessingiana*, пескам и супесям палеогена - *Stipa pennata*, мергелям и глинам верхнего мела – сообщества с участием *Anabasis cretaceae*, *Lepidium meyeri*, глинам и песчаникам нижнего мела - *Artemisia pauciflora*. Индикатор глинистых отложений - биюргун (*Anabasis salsa*) дает на глинах разного возраста заметно отличающиеся формы.

Постоянными, или универсальными индикаторами месторождений полезных ископаемых служат виды, приуроченные исключительно к породам и почвам с определенной геохимической минерализацией и не встречающиеся в иных условиях. В настоящее время выявлены растения-индикаторы повышенного содержания в почвах и породах хрома, марганца, никеля, меди, цинка, селена, железа, кобальта, олова, свинца, серебра, золота и других (Виноградов, 1964). Содержание этих элементов в золе растений-индикаторов увеличивается до 10-15%. В частности, индикаторами повышенного обогащения почв цинком служат некоторые виды родов *Viola*, *Thlaspi*, кобальтом - *Crotalaria juncea*, *Silene*, медью - отдельные виды маков, селена *Astragalus* sp. Покраснение и пожелтение листьев и стеблей, как правило, вызвано избытком Mo, Zn, Fe. Хлороз и обесцвечивание происходит под влиянием обогащения почв Ni, Cu. Под влиянием Mg, Fe, Zn у растений может происходить изменение окраски венчиков. В Центральной Якутии ольшатниковые группировки из *Duschekia fruticola* с густым травяным покровом, приуроченные к выходам кимберлитовых пород, служат косвенным индикатором месторождений алмазов.

Значительный интерес представляет выявление индикаторов нефти и газа. В условиях повышенной бутиминозности отмечены гигантизм у видов рода *Suaeda*, *Salsola orientalis*, *Anabasis aphylla*, вторичное цветение у *Pyrethrum*, вторичная вегетация - у *Agropyron fragile*; появление наростов, искривлений - у видов семейства маревых; вытянутых (свечко-видных) форм - у *Atriplex cana*, *Nanophyton erinaceum*; шаровидных форм - у *Salicornia europaea*, видов рода *Petrosimonia* угнетенность, карликовость - у *Halocnemum strobilaceum*, *Anabasis brachiata*. В Поволжье сопряженность с нефтяными залежами обнаружена у каменистых степей, ассоциаций с участием *Stipa lessingiana*.

Экологическая группа – группа организмов, сходно реагирующих на действие какого-либо одного фактора среды (освещенность, влажность, температура, кислотность или засоленность почвы и т.п.). Индикаторами могут являться также стенобионтные виды растений, требующие особых условий.

**Цель работы:** Определить экологические условия почвы, расположение

уровня залегания грунтовых вод и их состав, выявить различные компоненты среды (минеральные элементы, кислотность или засоленность почвы, недостаток либо переизбыток тех или иных веществ, залегание известняков, торфов и т.д.) на основе геоботанических описаний растительности.

**Объекты:** Видовые списки разных сообществ; экологические шкалы Д. Н. Цыганова, Г. Элленберга, Э. Ландольта, списки растений-индикаторов.

Ход работы

1. Используйте реальные геоботанические описания из БД «Флора», приведенные в приложении или выданные преподавателем.
2. Если геоботанические описания содержат лишь текстовые значения обилия, переведите текстовые значения обилия в балловые по таблице перевода.

Таблица 3

**Таблица перевода текстовых значений обилия в балловые**

Обилие по Друде	Текстовое обозначение обилия	Обилие в баллах
sol	ед	1
sp		2
Cop1	содом	3
Cop2		4
Cop3	дом	5

3. Выберите экологические шкалы, наиболее подходящие для выполнения задания 4 и обработайте по ним геоботаническое описание. Скачать экологические шкалы Д. Н. Цыганова, Г. Элленберга, Э. Ландольта можно на сайте «Ценофонд лесов Европейской России - <http://cepl.rssi.ru/bio/flora/main.htm>». Обработка списков растений по шкалам Д.Н. Цыганова, Г. Элленберга и Э. Ландольта аналогична таковой в работе 15.
4. На основе геоботанических описаний – состава видов растений растительного сообщества определите:
  - условия влажности почвы и уровень залегания грунтовых вод;
  - почвенные факторы – азотообеспеченность (почвенное плодородие), кислотность, гранулометрический состав почвы (пески, супесь, глины, разрушенные известняки, галичники и т.д.);
  - содержание различных элементов – органических веществ, кальция, наличие минеральных веществ – солей, химические особенности пород (гипсоносность, ожелезненность, карбонатность, залегание торфа и др.);
5. Выявите среди видового состава растений на вашей площадке виды-индикаторы. На основе экологических групп растений и их индикационных особенностей дайте оценку состояния экологических условий и выявите наличие природных вод, повышенное или пониженное содержание химических элементов, определите, чем

вызвано засоление почв (природное или антропогенное) для перспектив природопользования территории.

6. Насколько информация, полученная от индикаторов, согласуется с описанием условий площадки по шкалам?
7. Известно, что в качестве индикаторов нужно использовать стенобионтные организмы. Проверьте, насколько стенобионтными являются виды-индикаторы, найденные на вашей площадке. Для этого используйте экологические шкалы Д.Н. Цыганова, так как они являются диапазоновыми и показывают пределы экологической толерантности вида. Найдите для каждого проверяемого вида индикатора соответствующую экологическую шкалу и подсчитайте, сколько % от ступеней всей шкалы он занимает. Это рассчитывается как отношение числа ступеней конкретной шкалы, занятой данным видом, к общей протяженности шкалы в ступенях.

$$PEV = \frac{(A_{\max} - A_{\min} + 1)}{n} * 100\%,$$

где  $A_{\max}$  и  $A_{\min}$  - максимальные и минимальные значения ступеней шкалы, занятых отдельным видом;  $n$  - общее число ступеней в шкале; 1 - добавляется как 1-е деление шкалы, с которого по данному фактору начинается диапазон вида.

Если полученная величина меньше 33%, то вид стенобионтен по данному фактору, а значит является хорошим индикатором. Если больше 66%, то вид эврибионтен, и, следовательно, использовать его в качестве индикатора нельзя.

### Растения-индикаторы почвенных условий

Табл. 4

Растения – индикаторы плодородия почвы

Почвенное плодородие:	Растения - индикаторы
высокое содержание питательных веществ	<i>Aegopodium podagraria</i> – Сныть обыкновенная <i>Aegopodium podagraria</i> - Сныть обыкновенная - <i>Chamaenerion angustifolium</i> - Иван-чай узколистый <i>Dactylis glomerata</i> – Ежа сборная <i>Filipendula ulmaria</i> – Таволга вязолистная <i>Glechoma hederacea</i> – Будра плющевидная <i>Humulus lupulus</i> - Хмель <i>Hyoscyamus niger</i> - Белена черная <i>Lathyrus pratensis</i> – Чина луговая <i>Lunaria rediviva</i> - Лунник оживающий - <i>Poa pratensis</i> - Мятлик луговой <i>Potentilla anserina</i> – Лапчатка гусиная <i>Pulmonaria obscura</i> - Медуница неясная <i>Rubus idaeus</i> - Малина <i>Solanum dulcamara</i> - Паслен сладко-горький <i>Urtica dioica</i> – Крапива двудомная

среднее содержание питательных веществ	<i>Anemone ranunculoides</i> - Ветреница лютичная <i>Caltha palustris</i> - Калужница болотная <i>Dryopteris filix-mas</i> - Щитовник мужской <i>Euonymus verrucosus</i> - Бересклет бородавчатый <i>Fragaria vesca</i> - Земляника лесная <i>Galium verum</i> - Подмаренник настоящий <i>Potentilla alba</i> - Лапчатка белая <i>Pteridium aquilinum</i> – Орляк обыкновенный <i>Sphagnum riparium</i> - Сфагнум береговой <i>Trifolium medium</i> - Клевер средний <i>Trollius europaeus</i> - Купальница европейская
низкое содержание питательных веществ	<i>Agrostis canina</i> – Полевица собачья <i>Antenaria dioica</i> – Кошачья лапка двудомная <i>Calluna vulgaris</i> – Вереск обыкновенный <i>Deschampsia caespitosa</i> – Луговик дернистый <i>Festuca ovina</i> – Овсяница овечья <i>Linnaea borealis</i> – Линнея северная <i>Politrichum commune</i> – Политрихум обыкновенный <i>Rumex acetosella</i> – Щавелек обыкновенный <i>Trifolium arvense</i> – Клевер пашенный <i>Vaccinium myrtillus</i> – Черника <i>Vaccinium oxycoccos</i> – Клюква <i>Vaccinium vitis-idaea</i> – Брусника некоторые виды лишайников

Табл. 5

### Растения – индикаторы кислотности почвы

рН	Название	Характеристика	
3,5-4,5	Сильнокислые	Особо бедные почвы (пески и супеси), олиготрофный торф	<i>Avenella flexuosa</i> - Щучка извилистая (овсик извилистый) <i>Calluna vulgaris</i> – Вереск обыкновенный <i>Chamaedaphne calyculata</i> - Болотный мирт обыкновенный <i>Eriophorum vaginatum</i> – Пушица влагалищная <i>Ledum palustre</i> – Багульник болотный <i>Nardus stricta</i> - Белоус торчащий <i>Rumex acetosella</i> – Щавелек обыкновенный <i>Vaccinium oxycoccos</i> – Клюква
4,6-5,5	Кислые	Бедные почвы суходольных лугов и сосновых боров, торф переходных болот	<i>Agrostis canina</i> – Полевица собачья <i>Picea abies</i> - Ель обыкновенная <i>Pinus sylvestris</i> – Сосна обыкновенная <i>Vaccinium myrtillus</i> - Черника <i>Vaccinium uliginosum</i> - Голубика <i>Vaccinium vitis-idaea</i> - Брусника
5,6-6,5	Слабокислые	Небогатые подзолистые и торфяные почвы суходольных лугов,	<i>Antenaria dioica</i> – Кошачья лапка двудомная <i>Bidens tripartita</i> - Череда трехраздельная <i>Deschampsia cespitosa</i> – Щучка дернистая <i>Equisetum sp</i> - различные виды рода хвощ



		еловых и смешанных лесов, бедных низинных лугов и болот	<i>Hieracium umbellatum</i> - Ястребинка зонтичная <i>Rubus saxatilis</i> - Костяника <i>Trifolium arvense</i> - Клевер полевой <i>Veronica officinalis</i> - Вероника лекарственная <i>Viola tricolor</i> - Фиалка трехцветная
6,6-7,2	Нейтральные	Довольно богатые почвы (луговые, суглинки) пойменных лугов, низинных лугов и дубрав	<i>Achillea millefolium</i> - тысячелистник обыкновенный <i>Alnus glutinosa</i> - ольха черная <i>Alopecurus pratensis</i> - лисохвост луговой <i>Briza media</i> - трясунка средняя <i>Centaurea jacea</i> - Василек луговой, <i>Dactylis glomerata</i> - Ежа сборная <i>Festuca pratensis</i> - овсяница луговая <i>Lathyrus pratensis</i> - чина луговая <i>Medicago sativa</i> – люцерна посевная <i>Phleum pratense</i> – тимофеевка луговая <i>Poa pratensis</i> - мятлик луговой <i>Trifolium sp.</i> - виды рода клевер
7,2-7,5 реже до 9,5	Щелочные	Богатые почвы (черноземы, каштановые) степей и пустынь	<i>Aster alpinus</i> - Астра альпийская <i>Convolvulus arvensis</i> - Вьюнок полевой <i>Eremogone saxatilis</i> - Песчанка высокая <i>Festuca regeliana</i> - Овсяница Регеля <i>Halimione verrucifera</i> - Лебеда бородавчатая <i>Sinapis arvensis</i> - Горчица полевая <i>Trifolium fragiferum</i> - Клевер земляничный <i>Tussilago farfara</i> - Мать-и-мачеха обыкновенная <i>Anemone ranunculoides</i> - Ветреница лютичная

## Занятие 18. Методы лишеноиндикации в оценке качества воздуха (Индекс атмосферной чистоты (ИАЧ) и Индекс полеотолерантности (ИП))

### Обоснование проблемы:

Благодаря своему уникальному строению лишайники являются чувствительными к загрязнению воздуха организмами. Это позволяет использовать их в качестве биоиндикаторов чистоты воздуха.

### Краткая характеристика

Лишеноиндикация – это часть биоиндикации, в которой в качестве индикаторных организмов используются лишайники. Лишайники представляют собой своеобразную группу комплексных организмов, тело которых всегда состоит из двух компонентов: гриба и водоросли, с сложным метаболическим равновесием между этими двумя организмами.

Основные факторы, воздействующие на лишайники — влажность, освещенность, температура; кроме того, они очень чувствительны к

загрязнению воздуха.

Особую известность лишайники приобрели в последнее время, когда их стали использовать в качестве биоиндикаторов загрязнения. То, что лишайники реагируют на загрязнение воздуха, было замечено еще в XIX веке. Видовой состав лишайников в промышленных и окраинных районах различается настолько сильно, что ученые стали выделять лишайниковые зоны. Впервые такие зоны были выделены в Стокгольме: зона "лишайниковой пустыни", где лишайники почти отсутствуют, "зона соревнования", где видовой состав лишайников беден, а сами они обладают пониженной жизнеспособностью и "нормальная зона".

Из всех экологических групп лишайников наибольшей чувствительностью обладают лишайники-эпифиты, растущие на коре деревьев. Чувствительность лишайников к загрязнению воздуха определяется: симбиотической природой; большой абсорбционной поверхностью (все вещества, включая газообразные и растворенные в воде поллютанты, поглощаются всей поверхностью таллома); высокой гидрофильностью; средой обитания (осадки, стекающие по стволу, содержат значительно более высокие концентрации поллютантов, чем осадки на открытых местах); длительностью жизни.

Установлено, что при повышении степени загрязнения воздуха первыми исчезают кустистые, затем листоватые и последними – накипные формы лишайников. Из компонентов загрязнения воздуха на лишайники отрицательное влияние оказывает двуокись серы.

В конце 60-х годов в Эстонии и Канаде были независимо друг от друга разработаны методы лишайниковой индикации загрязнения атмосферного воздуха на основе изучения лишайниковых группировок (синузий) и вычисления индексов, отражающих влияние загрязнения воздуха на лишайники. (Le Blanc, De Sloover 1968, 1970; Л.Мартин, Х. Трасс, 1968, 1985). Традиционно в Западной Европе используется Индекс атмосферной чистоты (ИАЧ, IAP - index atmospheric purity), а в России индекс полеотолерантности (ИП).

**Цель:** Для освоения методик пассивной лишайниковой индикации освоить правила заложения пробных площадей, ознакомиться с приемами измерения относительной численности лишайников, освоить методику расчета индексов полеотолерантности.

**Оборудование и материалы:** Лупы, ножи и конверты для сбора образцов, яркие ленты или полоски ткани, пластиковые этикетки с номерами, сантиметровая лента, зажимы или скрепки, рамка 10 x 10 см, таблицы для записи результатов измерений.

### **Ход работы:**

1. Выбор методики лишайниковой индикации (индекс полеотолерантности или индекс атмосферной чистоты);

2. Выбор пробных площадей и модельных деревьев;
3. Оценка обилия лишайников (методом измерения линейных пересечений или методом измерения проективного покрытия);
4. Обработка результатов измерений, расчет индексов;
5. Заключение о степени загрязнения воздуха диоксидом серы.
6. Составление карты загрязнения воздуха города путем соединения изолиниями участков с одинаковыми значениями индексов.

### **Выбор пробных площадей и модельных деревьев**

Для исследований закладываются пробные площади – участок территории, в пределах которого выбираются модельные деревья.

Если работы ведутся в лесном массиве, то площади закладываются регулярно или в узлах сетки со стороной квадрата от 1 до 5 км, или на трансектах, заложенных в различных направлениях от источника загрязнения на равном расстоянии друг от друга. (Как правило, это направления преобладающих ветров). В условиях города площади закладываются в пределах городских зеленых насаждений, при этом по возможности в отдалении от дорожно-транспортной сети.

### **Требования к пробным площадям и модельным деревьям:**

1. Структура и состав фитоценозов на удаленных друг от друга пробных площадях должны быть по возможности схожими. Для этого учитывают: тип леса, состав, сомкнутость крон древостоя, время, прошедшее с момента последнего пожара.
2. Модельные деревья должны в среднем быть похожи по высоте, возрасту, диаметру, жизненному состоянию, радиусу, густоте, высоте прикрепления кроны, рельефу коры, углу отклонения поверхности ствола по вертикали.

Только при соблюдении всех этих требований можно с достаточной степенью достоверности говорить о том, что различия в числе видов или проективном покрытии вызваны именно влиянием какого-либо вещества, а не различиями в микроклиматических условиях.

При проведении лишеноиндикационных работ намечается центр пробной площади (первое дерево), и далее вокруг него выбираются ближайшие 10-20 деревьев, отвечающих требованиям модельных. Деревья помечаются яркими полосками ткани и пластиковыми этикетками с нанесенными на них несмываемыми номерами (от 1 до 10 или до 20).

При обследовании пробной площади и модельных деревьев на ней в полевом дневнике документируются также следующие показатели:

### **Характеристики пробной площади:**

Дата проведения измерения, сомкнутость крон, высота над уровнем моря, экспозиция склона, угол склона (с горизонтом, в градусах).

Характеристики модельного дерева: Номер дерева на пробной площади, вид дерева, высота, длина окружности поперечного сечения ствола на высоте измерений, фамилия коллектора.

### **Методика измерения линейных пресечений**

На ствол дерева на заданной высоте накладывается гибкая лента с миллиметровыми делениями в определенной относительно сторон света точке, обычно с северной стороны, оборачивается вокруг ствола и закрепляется зажимом. Длину окружности ствола при дальнейших вычислениях принимают за 100%.

Обследования лишайников методом линейных пересечений проводят либо на одной высоте - 100 или 150 см от комля дерева, либо на четырех высотах: 60, 90, 120, 150 см.

При измерениях фиксируют начало и конец каждого пересечения ленты с талломами лишайников с точностью до 1 мм.

Результаты вносят в заранее подготовленный бланк. Учетная полевая ведомость приведена в Приложении. Как правило, одного листа учетной ведомости достаточно для записи всей информации с одного дерева.

Каждый образец упаковывается в отдельный пакетик, на котором указываются:

- дата обследования данной пробной площади;
- номер пробной площади;
- номер дерева на пробной площади;
- номер лишайника;
- номер пересечения с мерной лентой.

Все пакетики, содержащие образцы с данного дерева, объединяются в один большой конверт, в который дополнительно собираются лишайники с этого дерева, не имеющие пересечений с мерной лентой, но которые могут быть полезны при определении видовой принадлежности образцов в камеральных условиях. Этот большой конверт маркируется так:

- дата обследования данной пробной площади;
- номер пробной площади;
- номер дерева на пробной площади.

На каждом пакетике, в которые упаковываются образцы лишайников, дублируется маркировка большого конверта. Такое дублирование необходимо, так как практика показывает, что при транспортировке большие конверты часто раскрываются.

### **Методика измерения проективного покрытия**

Для измерения проективного покрытия (далее – ПП) используют рамку, или сеточку. Она представляет собой жесткий контур с соотношением сторон 1:1 или 1:2, разделенный леской или нитями на квадраты-ячейки со стороной 1 x 1 см. Рамку прикладывают к стволу дерева на определенной высоте.

Количественный учет лишайников производится чаще всего на двух уровнях: у комля дерева и на высоте 1,3-1,5 м от поверхности земли (на уровне груди или на уровне глаз) Высоту измерения ПП обязательно отмечают в протоколе. Измерения проводят или с четырех сторон света, или,

чаще, в направлении к источнику загрязнения и с противоположной стороны, от него. При мозаичном распределении нескольких источников загрязнения на исследуемой территории рамку накладывают с двух сторон: с северо-западной (как правило, наиболее густо обросшей лишайниками) и юго-восточной стороны (менее всего покрытой лишайниками) ствола дерева.

При подсчете каждая ячейка при размере рамки 10 x 10 см будет соответствовать одному проценту проективного покрытия (ПП).

Результаты вносят в заранее подготовленную таблицу.

Полученные для каждого вида лишайника проценты ПП складывают и делят на число обследованных деревьев, чтобы вычислить среднее ПП для всей пробной площади.

По результатам измерений можно вычислить ПП в разных вариантах: для каждого обнаруженного вида лишайника, для всей синузии в целом, для лишайников, растущих на комле дерева, для растущих на стволе, для определенной экспозиции и т.д. Эти данные характеризуют распределение лишайников по субстрату на различных пробных площадях и могут быть информативны при их последующем сравнении.

### **Обработка результатов измерений:**

При обработке результатов измерений подсчитывается суммарная протяженность талломов лишайников каждого вида. Затем, зная длину окружности ствола дерева и принимая ее за 100%, пропорцией рассчитывается проективное покрытие лишайников и переводится в баллы.

Для определения видов лишайников используются определители (Голубкова, 1966), атласы-определители (Цуриков, 2009), ресурсы Интернета. Краткая определительная таблица для эпифитных видов приведена в Приложении.

### **Индекс полеотолерантности**

Индивидуальные реакции отдельных видов используются в основе шкал полеотолерантности, с помощью которых, учитывая наличие или отсутствие этих видов, можно устанавливать степень загрязнённости воздуха. С этой целью по степени влияния антропогенных факторов на различные виды лишайников выделяется 10 классов их полеотолерантности (по Х. Х. Трассу 1985). Вид относится к тому классу полеотолерантности, при антропогенных условиях которого он наиболее часто встречается, имеет наивысшие показатели покрытия и жизненности. Иными словами, он является индикатором этих условий. К первому классу относятся естественные местообитания практически без антропогенного влияния, а к десятому – городские и индустриальные условия обитания с сильным антропогенным влиянием и высоким содержанием SO<sub>2</sub> в воздухе. Чувствительность каждого вида к загрязнению зависит от климатических особенностей местообитания, от характера загрязнения и от субстрата, поэтому шкалы полеотолерантности имеют региональное значение и дают лишь приближённую оценку

загрязнения воздуха.

Пригодной для Европейской части России является классификация классов полеотолерантности Х.Х. Трасса, на ее основе была создана таблица классов полеотолерантности для г. Казани (Голубкова, Малышева, 1978).

Индекс полеотолерантности вычисляется по формуле :

$$IP = \sum_{i=1}^n \frac{A_i C_i}{C_n}$$

где n – количество видов на описанной пробной площади;

$A_i$  – класс полеотолерантности вида (от 1 до 10), (Приложение)

$C_i$  – проективное покрытие вида (в баллах);

$C_n$  – сумма значений покрытия всех видов (в баллах).

Таблица 6

Балльная шкала оценки проективного покрытия

Балл	1	2	3	4	5
Оценка покрытия, %	1-3	3-5	5-10	10-20	20-30
Балл	6	7	8	9	10
Оценка покрытия, %	30-40	40-50	50-60	60-80	80-100

После описания большего количества (десятков, сотен) площадок вычисляются средние значения ИП для каждого дерева и для местообитания с более или менее гомогенным фоном загрязненности. Значение ИП колеблется между 1 и 10, чем больше значение ИП, тем более загрязнен воздух в соответствующем местообитании. Нулевое значение ИП может быть только в случае полного отсутствия лишайников.

После получения значений ИП для некоторого числа пробных площадей становится возможным создание лишеноиндикационной карты и сравнительная оценка состояния атмосферы исследованных территорий.

Затем значение ИП коррелируется со среднегодовым содержанием  $SO_2$  в воздухе. Содержание диоксида серы в воздухе измеряется в  $мг/м^3$ .

Таблица 7

Индекс полеотолерантности и годовые концентрации  $SO_2$

ИП	Концентрация $SO_2$ , $мг/м^3$	Зона
1-2	-	Очень чистая
2-5	0,01 – 0,03	Чистая
5-7	0,03 – 0,08	Относительно чистая
7-10	0,08 – 0,10	Умеренно загрязненная
10	0,1 – 0,3	Сильно загрязненная
0	Более 0,3	Очень сильно загрязненная

### Индекс атмосферной чистоты

Более простым методом, не требующим данных о классе полеотолерантности лишайников, является использование индекса чистоты атмосферы:

$$IAQ = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i F_i}{10}$$

$Q_i$  - экологический индекс определенного вида (или индекс токсифобности, или индекс ассоциированности),

$F_i$  - комбинированный показатель покрытия и встречаемости,

$n$  - количество видов.

Показатель  $Q$  характеризует количество видов, сопутствующих данному виду на всех площадках описания в гомогенном по степени загрязненности местообитании.

Если, например, на 100 площадках вместе с видом А растет 10-20 видов (включая искомый вид), а среднее число сопутствующих видов 13,5, то  $Q$  этого вида и есть 13,5. Чем больше показатель  $Q$ , тем данный вид более полеофобный, чем выше показатель ИАЧ, тем чище воздух местообитания.

$F_i$

1 – вид встречается очень редко и с очень низким покрытием;

2 – редко или с низким покрытием;

3 – редко или со средним покрытием на некоторых стволах;

4 – часто или с высоким покрытием на некоторых стволах;

5 – очень часто и с очень высоким покрытием на большинстве стволов.

Таблица 8

Индекс атмосферной чистоты и концентрация  $SO_2$

ИАЧ	0-9	10,0-24	25-39	40-54	более 55
Концентрация $SO_2$ , мг/м <sup>3</sup>	более 0,086	0,086-0,057	0,057-0,028	0,028-0,014	менее 0,014
Зона	Загрязненная		Относительно чистая	чистая	Очень чистая

Чтобы избежать погрешностей при определении показатель  $F_i$  используется модифицированный показатель ИАЧ:

$$IAQ_{mod} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{Q_i c_i}{10}}{m}$$

$Q_i$  - экологический индекс определенного вида (или индекс токсифобности, или индекс ассоциированности);

$m$  - число обследованных модельных деревьев

$c_i$  – обилие на каждой элементарной площадке (дереве):

1 – лишайники встречаются единично, в нескольких экземплярах

2 – в очень малом количестве, изредка

3 – в небольшом количестве

4 – в значительном количестве

5 – слоевища встречаются обильно, в большом количестве.

### Список используемой литературы:

1. Афанасьева Н. Б., Березина Н. А. Введение в экологию растений: учебное пособие для студентов высших учебных заведений (обучающихся по направлениям 510600 "Биология" и 511100 "Экология, природопользование и устойчивое развитие" и специальностям 011900 "Ботаника", 320200 "Биоэкология", 013100 "Экология"). — Москва: Изд-во Московского университета, 2011.
2. Бакин О.В., Рогова Т.В., Ситников А.П. Сосудистые растения Татарстана. Изд-во Казанского университета, 2000.
3. Барыкина Р.П., Н.В. Чубатова Большой практикум по ботанике (экологическая анатомия цветковых растений. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. 77 с.
4. Большой практикум. Биологический контроль состояния окружающей среды: учебно-методическое пособие [Текст] / сост. Т.Л. Шашкова. — Красноярск: Сиб. Федер. ун-т, 2012. — 16 с.
5. Бородина Н.А., Некрасов В.И., Некрасова Н.С., Петрова И.П., Плотникова И.С., Смирнова Н.Г. Деревья и кустарники СССР/М.: Изд-во «Мысль», 1966;
6. Бызова Н.М. Влияние предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосфере на состояние пригородных зон // Биология: РЖ/ВИНИТИ, 1993;
7. Василевич В.И. Статистические методы в геоботанике. Л.: Наука, 1969;
8. Викторов С.В., Индикационная геоботаника / С.В. Викторов, Г.Л. Ремезова. — М.: Изд-во МГУ, 1988;
9. Ворончихин Н.З. Пригородные леса и их роль в оздоровлении среды обитания человека — В кн.: Биogeография и краеведение, Пермь, 1976;
10. Голубкова Н.С. Определитель лишайников средней полосы европейской части СССР. М., Л.: Наука, 1966. — 256 с.
11. Голубкова Н.С., Малышева Н.В. Влияние роста города на лишайники и лишеноиндикация атмосферных загрязнений г. Казани // Ботан. журн., 1978. Т. 63, № 8. С. 1145-1152.
12. Горышина Т.К. Экология растений. М.: Высшая школа, 1979. 368 с.;
13. Грейг-Смит П. Количественная экология растений. М.: Мир, 1967;
14. Диагнозы и ключи возрастных состояний лесных растений: Деревья и кустарники // А.А. Чистякова, Л.Б. Заугольнова, И.В. Полтинкина и др. / М.: Прометей, 1989;
15. Дышлов В.Д., Плехов В.Н., Человек в городе / М.: Знание, 1978.
16. Емельянова Е.П. Методическое руководство по стационарному изучению оползней / Е.П.Емельянова. М.: «Недра», 1972. 345с.;
17. Еськов Е.К. Экология (закономерности, правила, принципы, теории, термины и понятия) / М.: «Абрис», 2013;
18. Жизнеспособность популяций. Природоохранные аспекты / М.: Мир, 1989;



19. Здоровье среды: практика оценки. Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Крысанов Е.Ю., Кряжев Н.Г., Пронин А.В., Чистяков Е.К. / М., 2000;
20. Зитте П., Э.В. Вайлер, Й.В. Кадерайт, А. Брезински, К. Кернер. Ботаника (Экология) / М.: Изд-во «Академия», 2007. Том 4;
21. Ильминских Н.Г. Флорогенез в условиях урбанизированной среды (на примере городов Вятско-Камского края) // Автореф. дисс. ...док. биол. наук. СПб., 1993;
22. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin: учебное пособие / Е.В. Зубкова, Л.Г. Ханина, Т.И. Грохлина, Ю.А. Дорогова; Мар. гос. ун-т, Пушчинский гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2008. – 96 с.
23. Корженевский В. В., Клюкин А. А. Биоиндикация современных процессов рельефообразования. Ялта: ЯИМ, 2000. - 128 с.
24. Лакин С.Ф. Биометрия: Учебное пособие для биол. вузов. М.: Высш. школа, 1990.
25. Лотова Л.И. Морфология и анатомия высших растений. Москва, 2001. 526 с.;
26. Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломец А.И. Современная наука о растительности./ М.: «Логос», 2001. –258 с.
27. Михайловская И.С. Строение растений в связи с условиями жизни. М.: Главполиграфпром, 1964. 92 с.
28. Пряхин В.Д., Николаенко В.Т. Пригородные леса / Москва, 1981;
29. Серебряков И.Г. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа., 1962. –377 с.
30. Серебряков И.Г. Морфология вегетативных органов высших растений. М.: 1952. –391 с.
31. Серебряков И.Г. Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. Изд. АН СССР, 1964, Т. 3. –С. 146-205
32. Серебрякова И.Г., Воронин Н.С., Еленевский А.Г., Батыгина Т.Б., Савиных Н.П., Шорина Н.И. Ботаника с основами фитоценологии. Анатомия и морфология растений. М.: ИКЦ Академкнига, 2006. –544 с.
33. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг / Трасс Х.Х. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1985. Т. 7. С. 122-137.
34. Трасс Х.Х. Лихеноиндикационные индексы и SO<sub>2</sub> / Х.Х. Трасс // Биогеохим. круговорот веществ в биосфере: сб. науч. статей / - М.: 1987. - С. 111-115.
35. Уланова Н.Г. Математические методы в геоботанике. М.: Изд-во МГУ, 1995;
36. Федорова А.И. Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды (Учебное пособие для вузов) / М.: «Владос», 2001;
37. Хански И. Ускользящий мир (Экологические последствия утраты местообитаний). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2015. 344 с.;

38. Ходаков Ю.И. Зелёный наряд городов / Лениздат, 1986;
39. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1983. – 198 с.
40. Цыганов, Д.Н. Экоморфы флоры хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов. – М.: Наука, 1976. – 60 с.
41. Цуриков А. Г. Листоватые и кустистые городские лишайники: атлас-определитель: учебное пособие для студентов биологических специальностей вузов [и др.] / А. Г. Цуриков, О. М. Храмченкова; М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т. им. Ф. Скорины – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2009. – 123 с.
42. Шафранова Л.М., Гатцук Л.Е., Шорина Н. И. Биоморфология растений и ее влияние на развитие экологии. М., 2009. –85 с.
43. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / Под редакцией Л.А. Жуковой // Йошкар-Ола, 2010;
44. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / Л. А. Жукова, Ю. А. Дорогова, Н. В. Турмухаметова и др. — МарГУ Йошкар-Ола, 2010. — С. 368.
45. Экологический словарь Б.А. Быков. Алмат-Ата: Изд-во «Наука», 1983;
46. Экология растений: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Экология" и по направлению "Экология и природопользование" / Н.А. Березина, Н.Б. Афанасьева. — Москва: Академия, 2009;
47. Юскевич Н.Н., Лунц Л.Б. Озеленение городов России / М.: Россельхозиздат, 1986;
48. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefaspflanzen Mitteleuropeas // Scripta geobotanica. Gottingen, 1974. Vol. 9. 197 p. Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefasspflanzen Mitteleuropas // Scripta geobotanica. 1979. Vol. 9. № 1. 122 p. Ellenberg H., Weber H.E., Dull R., et al. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa // Scripta geobotanica. 1991. Vol. 18. 248 p.
49. Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora // Veroff. Geobot. Inst. der Eidgen. Techn. Hochschule in Zurich. 1977. Vol. 64. P. 1–208.
50. Raunkiaer C. Tpy life forms of plants and statistical plant geography. Oxford, 1934. 632 p.
51. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa [Indicator values of plants in Central Europe] / H. Ellenberg, H.E. Weber, R. Dull et. al. // Scripta Geobotanics. – Vol. 18. –Verlag Erich Goltze KG, Gottingen, 1991. – 248 s.

## Приложение

### 1. Жизненные формы растений

Жизненная форма (ЖФ) – общий облик (габитус) растения, обусловленный своеобразием его надземных и подземных вегетативных органов, формирующихся в результате роста и развития в определенных условиях среды.

Впервые термин «жизненная форма» предложил один из основоположников экологии растений Е. Варминг (1886): «Жизненная форма – это форма, в которой вегетативное тело растения находится в гармонии с внешней средой в течение всей его жизни: от колыбели до гроба, от семени до отмирания».

Классификация жизненных форм — это распределение множества жизненных форм по определенной системе соподчиненных категорий. Различают следующие классификации жизненных форм: биологическая (по К. Раункиеру, 1934), эколого-морфологическая (по И. Г. Серебрякову, 1952, 1962), фитоценотическая (по Г. М. Зозулину, 1959), эколого-биологическая (В. Н. Голубев, 1957) и др.

Наиболее универсальной и широко применяемой системой ЖФ является морфо-биологическая система К. Раункиера (Raunkiaer, 1934), построенная на учете только одного критерия – положение и способ защиты почек возобновления в течение неблагоприятного периода года. С одной стороны, этот признак отражает эколого-биологические особенности растений (способ перенесения неблагоприятных условий), с другой – структурные признаки побегов и побеговых систем растений (размеры и длительность жизни). Предложенные К. Раункиером ЖФ (фанерофиты, хамефиты, гемикриптофиты, криптофиты-геофиты и гидрофиты, терофиты) определяют «биологический спектр» ЖФ любой территории, который является индикатором климатических условий. В дальнейшем эти типы ЖФ и принципы их выделения легли в основу современной системы ФТР (функциональных типов растительности), разработанной Д. Мюллером-Дебуа и Г. Эленбергом, и обобщенной для земного шара Е.О. Боксом (Миркин, 2001), широко используемой при аэрокосмическом мониторинге.

Широко используемые в учебных и научных целях – это биологическая (по К. Раункиеру) и эколого-морфологическая классификации (по И. Г. Серебрякову, 1964 и Т. И. Серебряковой, 1972).

Биологическая классификация К. Раункиера (1934) — одна из популярных систем жизненных форм растений, К. Раункиер выделил пять основных типов жизненных форм: фанерофиты, хамефиты, гемикриптофиты, криптофиты, терофиты (рис. 1).

Фанерофиты — почки возобновления зимуют или переносят засушливый период открыто, достаточно высоко над землей (деревья, кустарники, деревянистые лианы, эпифиты).

Хамефиты — почки располагаются чуть выше уровня почвы, на высоте

20-30 см (кустарнички, полукустарники, полукустарнички, многие травянистые растения).

Гемикриптофиты — обычно травянистые растения, наземно ползучие или стелющиеся, их почки возобновления находятся на уровне почвы или погружены очень неглубоко, главным образом, в подстилку, образуемую растительным опадом. Среди гемикриптофитов выделяют протогемикриптофиты с удлиненными надземными побегами и розеточные гемикриптофиты с укороченными побегами.

Криптофиты, у которых почки возобновления находятся в почве на некоторой глубине, называются геофитами (корневищные, клубневые, луковичные растения); то есть у которых почки зимуют под водой, называют гидрофитами.

Терофиты — однолетники, у которых все вегетативные части растения отмирают в конце сезона, зимующие почки не сохраняются. Такие растения возобновляются на следующий год из семян, перезимовывающих или переживающих сухой период на почве или в почве. Они входят в почвенный банк семян, его фракцию однолетников.

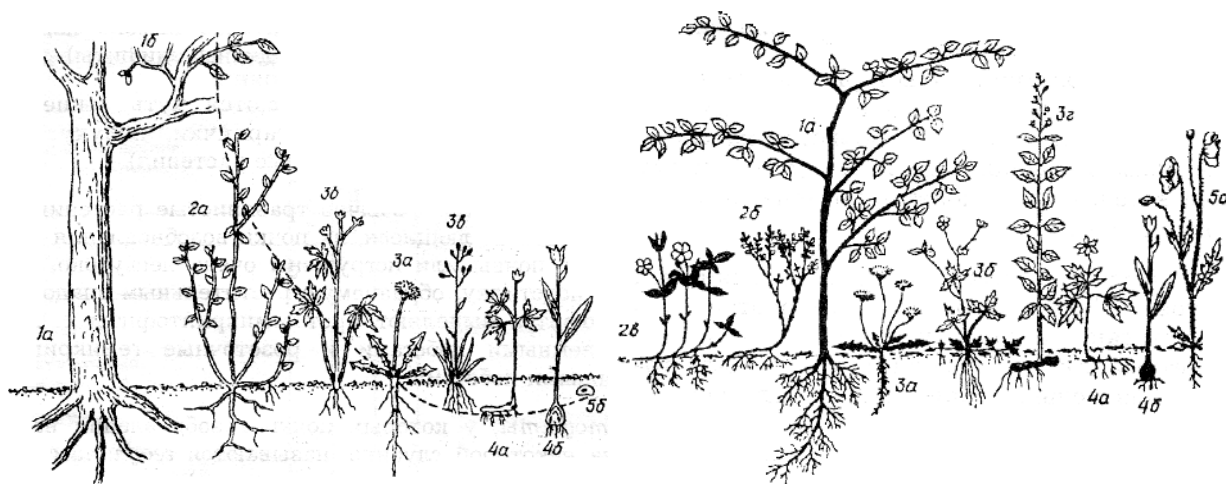


Рис. 1. Жизненные формы по К. Раункиеру (рис. Т. И. Серебряковой из кн. Васильева и др., 1978):

1 — фанерофиты (1а — тополь, 1б — омега); 2 — хамефиты (2а — брусника, 2б — черника, 2в — барвинок); 3 — гемикриптофиты (3а — одуванчик лекарственный, 3б — лютик многоцветковый, 3в — дерновинные злаки, 3г — вербейник обыкновенный); 4 — геофиты (4а — ветреничка лютичная, 4б — тюльпан Биберштейна); 5 — терофиты (5а — мак-самосейка, 5б — семя с зародышем). Вверху: черным показаны зимующие почки возобновления (пунктиром линия их расположения); внизу: соотношение отмирающих и перезимовывающих частей (темным — остающиеся, светлым — отмирающие на зиму)

В основу российских исследований жизненных форм был положен принцип подразделения растений на деревья, кустарники, кустарнички, полукустарники, травы, которые, в свою очередь, разделялись по типу строения надземных и подземных органов (Алехин, 1936; Раменский, 1938; Прозоровский, 1936; Коровин, 1940 и др.). Обобщение российских и зарубежных исследований ЖФ растений принадлежат И.Г. Серебрякову

(1952, 1962, 1964). В своих работах И.Г. Серебряков отмечает динамичность ЖФ под воздействием среды, которая проявляется в изменении ЖФ в онтогенезе, и разнообразие ЖФ, образующихся растением в разных эколого-фитоценотических условиях.

Классификационная система ЖФ И.Г. Серебрякова, разработанная по иерархическому принципу, не устарела, ею широко пользуются в биологии и экологии растений. Все формы растений им подразделяются на 4 отдела: древесные растения, полудревесные, наземные травы, водные травы, которые, в свою очередь, подразделяются на типы: I – деревья, кустарники, кустарнички; II – полукустарники, полукустарнички; III – моно- и поликарпические травы; IV – наземно-водные, планктонные и водные травы, которые далее подразделяются на классы, группы, секции и собственно ЖФ.

По сути, применяя системный принцип изучения, И.Г. Серебряков разработал систему критериев и принципов анализа ЖФ – «выделение в теле растения повторяющихся структурно-биологических единиц, выявление их взаимосвязи и размещения их на шкале биологического времени». Для объяснения морфогенеза ЖФ растений, он выделял «монокарпический побег», «годовой побег», «скелетную ось», «парциальный куст». Для древесных растений структурно-биологическим элементом ЖФ являются годичный побег и скелетная ось, для травянистых растений – монокарпический побег, который образуется обычно из пазушной почки на многолетней части растения, растет в течение одного (2-5) лет и завершается цветком или соцветием.

По одному из определений (Серебряков, 1962, 1964) «ЖФ растений – это его габитус, связанный с ритмом развития и приспособлений к современным и прошлым условиям среды». С этой точки зрения ЖФ растений представляет собой эколого-фитоценотическое явление; особенности ЖФ, их изменения в ходе онтогенеза отражают различные формы поведения растений в фитоценозе – обеспечивают перемещение их в пространстве, взаимодействие с другими организмами, поддерживают численность, устойчивость и т.п., обуславливая, таким образом, участие данного вида в существовании фитоценоза.

Эколого-морфологическая классификация жизненных форм И.Г.Серебрякова и Т.И. Серебряковой разработана наиболее детально. Она основана на различиях в длительности жизни растения и скелетных осей, их побеговых систем (для травянистых растений); дополнительные признаки, используемые в данной классификации, следующие: направление роста, способ вегетативного возобновления и размножения, анатомическая структура надземных и подземных органов и др. (рис. 2). Принципы выделения и характеристики основных групп жизненных форм приведены в учебнике А. Е. Васильева, Н. С. Воронина, А. Г. Еленевского, Т. И. Серебряковой «Анатомия и морфология растений» (2006).

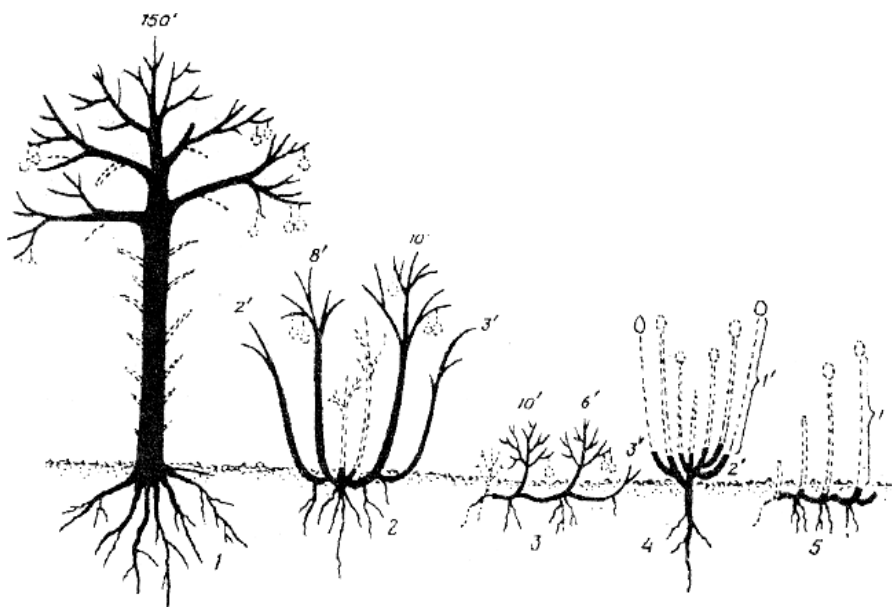


Рис. 2 Древесные и травянистые жизненные формы, соотношение их отмирающих частей (по Т. И. Серебряковой):

1 – дерево, 2 – кустарник, 3 – кустарничек, 4 – полукустарник, 5 – длиннопобеговая многолетняя трава. Многолетние части показаны черным, отмершие двойным пунктиром.

Дерево — многолетнее растение с отчетливо выраженной главной скелетной осью (стволом), сохраняющейся до конца жизни; как главные, так и боковые оси деревьев одревесневают. Длительность жизни скелетных осей более 50 лет.

Дерево одноствольное — с единственным стволом, сохраняющимся в течение всей жизни (рис. 3). Дерево немногоствольное (кустовидное) — с 2-3 стволами во взрослом состоянии, которые образуются в результате раннего пробуждения спящих почек в основании ствола из-за задержки роста или отмирания главной оси. Кустовидная форма некоторых одноствольных деревьев может рассматриваться как реакция на неблагоприятные условия местообитания (затемнение, засоление и др.). Дерево куртинообразующее — многоствольное дерево с отстоящими друг от друга стволами, которые развиваются из почек на многолетних одревесневающих корневищах (ксилоризомах) или у основания стволов после их гибели (рис. 4).

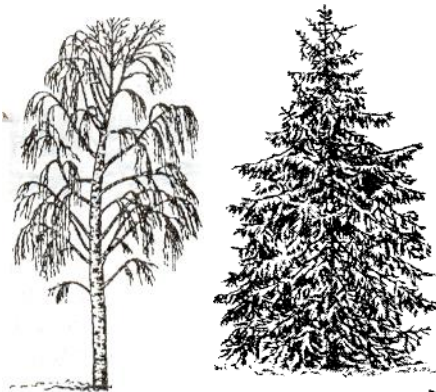


Рис. 3. Прямостоячие одноствольные деревья:

а – береза повислая (*Betula pendula*), б – ель европейская (*Picea abies*).

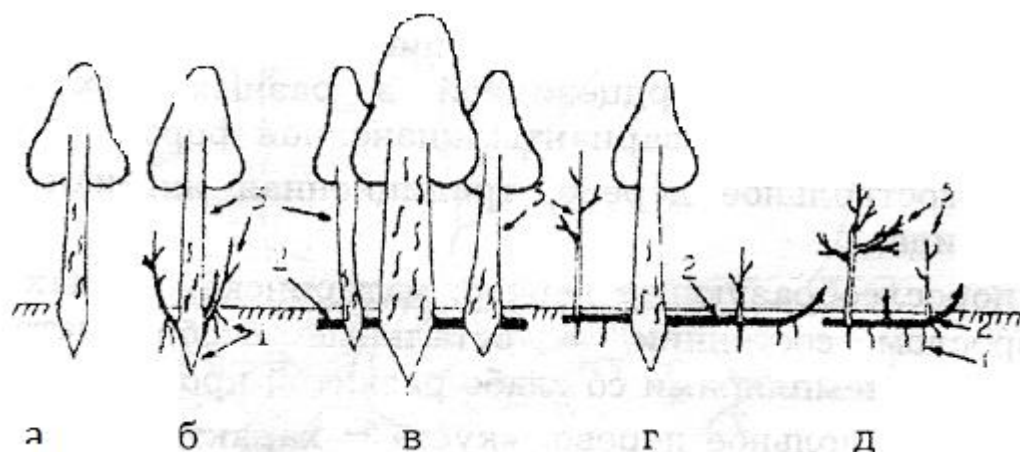


Рис. 4. Поливариантность жизненной формы у липы сердцевидной (по Чистяковой, 1978):

а – одноствольное дерево, б – порослеобразующее дерево, в – многоствольное дерево, г – куртинообразующее дерево, д – факультативный стланник (1 – корень, 2 – многолетнее одревесневающее корневище ксилоризом, 3 – частичное образование)

Деревья-стланцы формируют лежащие, укореняющиеся скелетные оси, и из-за более интенсивного их роста, превышающие по длине недолговечные прямостоячие боковые ветви; распространены, главным образом, в высокогорьях, субарктических и субантарктических широтах (рис. 5). В разных условиях один и тот же вид может иметь разные жизненные формы, что отражает приспособленность вида к комплексу факторов внешней среды. Поливариантность жизненной формы дерева подробно описана А. А. Чистяковой (1978) на примере липы сердцевидной в разных частях ареала (рис. 4). Выделены следующие варианты жизненной формы:

а) одноствольное дерево, традиционная жизненная форма данного вида;

б) порослеобразующее дерево: материнская особь находится во взрослом состоянии, а остальные особи представлены молодыми экземплярами со слабо развитой кроной;

в) многоствольное дерево: «куст» — характерно наличие 2-3 и более деревьев во взрослом состоянии, соединенных многолетним одревесневающим корневищем с удлиненными междоузлиями;

г) куртинообразующее дерево: характерно наличие одного дерева во взрослом состоянии и нескольких кустовидных форм, соединенных многолетним одревесневающим корневищем с удлиненными междоузлиями;

д) факультативный стланник: характерен для неблагоприятных условий (северо-восточная граница ареала и сильное затенение), при этом особи липы сердцевидной имеют стелющуюся форму, не переходят в генеративное состояние, возобновление осуществляется только вегетативным путем.

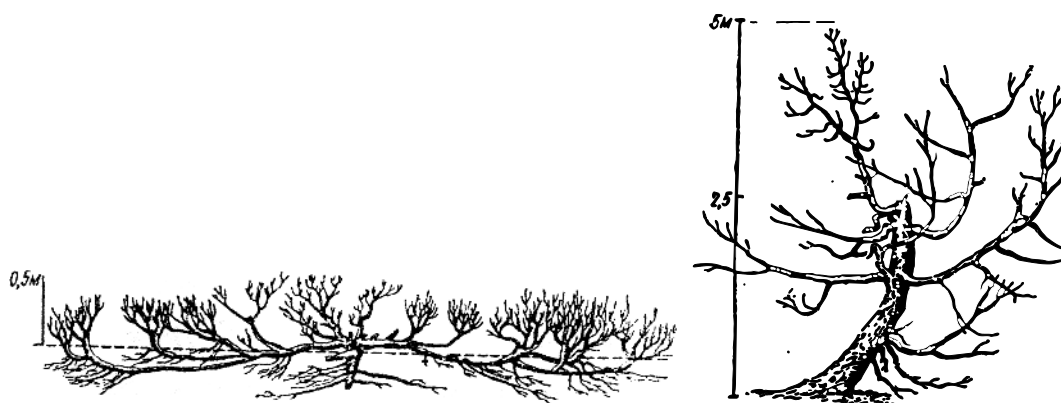


Рис. 5. Стланцевая и древовидная формы можжевельника туркестанского (*Juniperus turkestanica*) (по И.Г.Серебрякову, 1962).

Для видов рода можжевельник (*Juniperus*) также характерно развитие различных жизненных форм (одноствольные деревья, мало- и многоствольные деревья, кустарники и стланцы). Деревья-стланцы формируют лежащие, укореняющиеся скелетные оси, и из-за более интенсивного их роста, превышающие по длине недолговечные прямостоячие боковые ветви; распространены, главным образом, в высокогорьях, субарктических и субантарктических широтах (рис. 5).

Кустарник — многолетнее деревянистое растение высотой более 60-70 см, у которого главный ствол выделяется только в начале жизни, а затем отмирает или теряется среди равных ему скелетных осей (стволиков), образующихся в результате кущения. Взрослое растение имеет много надземных скелетных осей (стволиков), последовательно сменяющих друг друга. Общая длительность жизни кустарника — до нескольких сотен лет, а каждая скелетная ось (стволик) живет ограниченное время - от 2 до 60 лет. Длительность жизни в среднем — 10-40 лет. По форме роста различают: прямостоячие кустарники и стелющиеся (стланики).

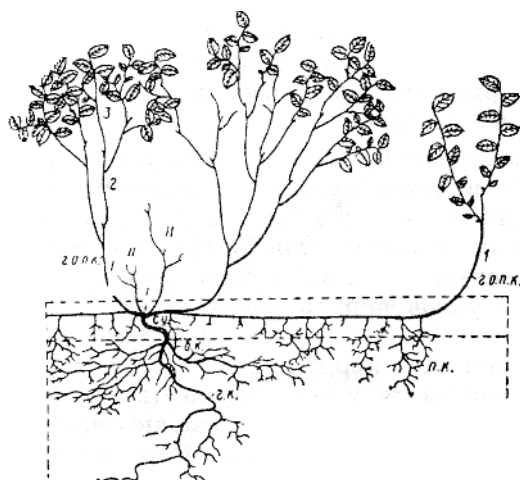


Рис. 6 Кустарничек черника (*Vaccinium myrtillus*)



Кустарничек — низкорослый кустарник от 5-7 до 50-60 см высотой, в среднем — 10-30 см (Рис. 6). Длительность жизни отдельных скелетных осей и отдельных кустов, соединенных корневищами в среднем — 5-10 лет. Кустарнички распространены, главным образом, в высокогорьях и тундрах.

Полукустарники, полукустарнички — кустарники и кустарнички с ежегодно отмирающими верхними участками побегов.

Монокарпическая трава (травянистые монокарпики) растение, которое в течение всей жизни цветет и плодоносит один раз, после чего полностью отмирает. В зависимости от продолжительности жизни различают однолетние, малолетние и многолетние монокарпики.

Поликарпическая трава (травянистый поликарпик) — растение неоднократно цветущее и плодоносящее в течение всей своей жизни. Большинство многолетних растений — поликарпики.

Стержнекорневые растения — это растения, как правило, формирующие из корешка зародыша главный корень, который сохраняется в течение всей жизни и называется главным. После начала ветвления главного корня образуется стержневая корневая система.

Каудекс — система побегов многолетнего стержнекорневого растения, образованная нижними, многолетними, часто одревесневающими, укороченными участками побегов, несущими почки возобновления и основанием главного корня (рис. 7). Каудекс характерен для пустынных, полупустынных и высокогорных полукустарничков и ряда многолетних травянистых растений. По степени разветвления различают простой (одноглавый) и ветвистый (многоглавый) каудексы. По положению почек возобновления относительно уровня почвы выделяют надземный и погруженный каудекс.

Короткокорневищные и кистекарневые растения имеют корневище — видоизмененный подземный многолетний побег с укороченными междоузлиями, чешуе видными листьями или остатками отмерших листьев и почками возобновления. У кистекарневых растений корневище, как правило, вертикальное, из узлов корневища отходят придаточные корни, образующие кистекарневую систему (рис. 8). У короткокорневищных растений корневище достаточно долговечно, возраст его живой части может достигать 20 и более лет; междоузлия короткие, их длина больше или не превышает диаметра корневища; горизонтальные или направленные косо вверх.

Длиннокорневищные растения формируют корневище с удлиненными междоузлиями, длина которых в 2 и более раз превышает их ширину (рис. 9).

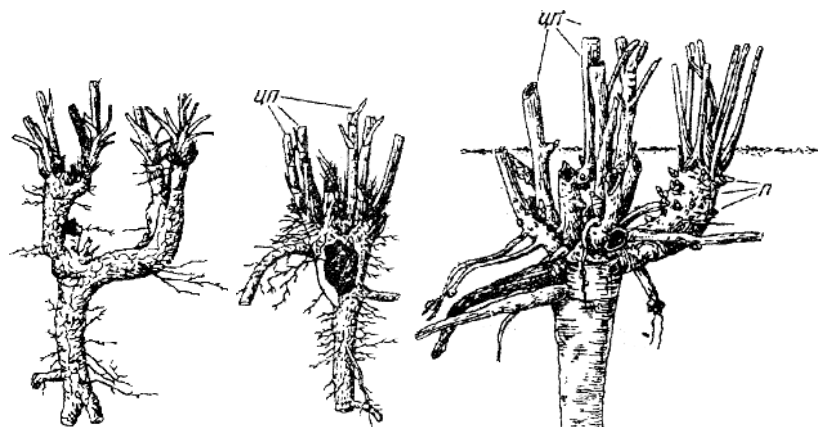


Рис. 7. Каудексы многолетних трав:  
а, б – василек шероховатый (*Centaurea scabiosa*), в – люпин многолистный (*Lupinus polyphyllus*). ОЦП — основания цветущих побегов, ПВ — почки возобновления.



Рис. 8. Кистекорневое растение подорожник большой (*Plantago major*).

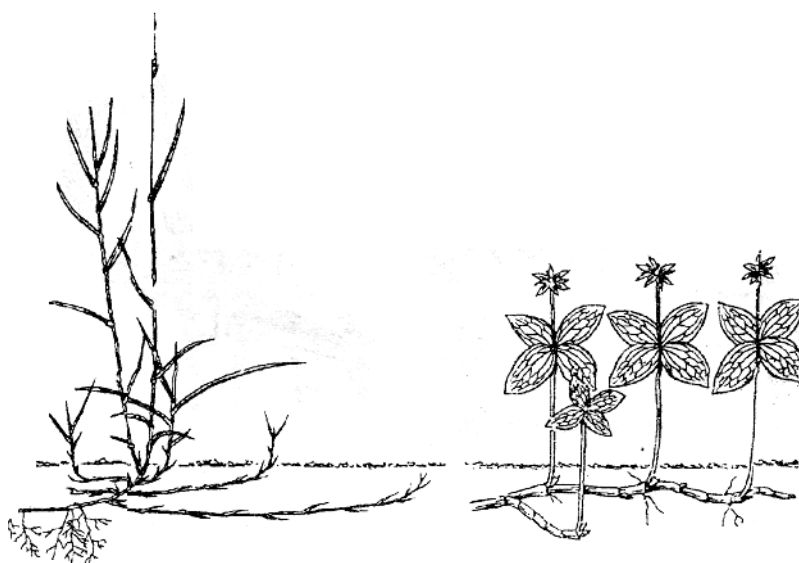


Рис. 9. Длиннокорневищные растения: а – пырей ползучий (*Elytrigia repens*),  
б – вороний глаз (*Paris quadrifolia*).

Дерновинные растения имеют многочисленные более или менее плотно расположенные друг к другу разновозрастные побеги кущения, основания которых образуют многолетнюю часть растения, расположенную на поверхности почвы и разрастающуюся по периферии в ширину. Плотность дерновины зависит от характера кущения. В связи с этим при формировании внутривлагалищных побегов возникают плотнодерновинные или плотнокустовые биоморфы. Экстравагинальные побеги образуются у рыхлодерновинных или рыхлокустовых растений; у злаков и осок часто возникают дерновинно-корневищные биоморфы.

Луковичные растения имеют видоизмененный подземный стебель дисковидной формы (донце) из-за сильно укороченных междоузлий, несущий плотно расположенные друг к другу сочные чешуи, служащие для накопления воды и питательных веществ. Луковичные растения относятся к однодольным растениям (рис. 10).

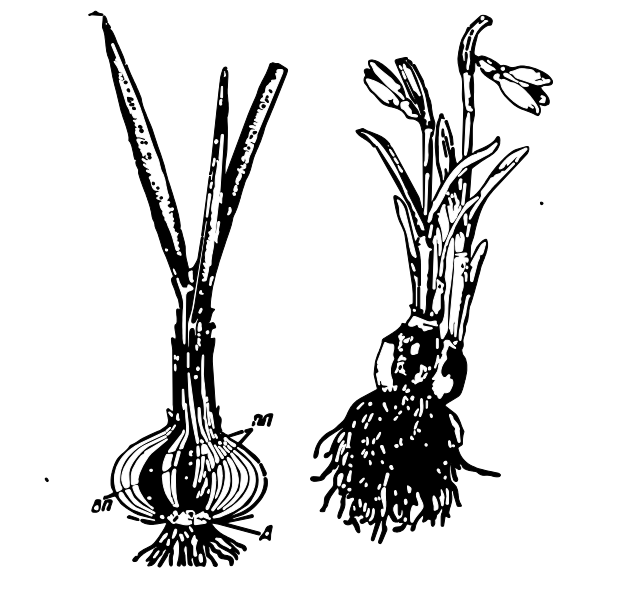


Рис. 10. Луковичные растения: а – лук репчатый (*Allium cepa*), б – подснежник (*Galantus sp.*).

Клубнелуковичные растения имеют видоизмененный подземный стебель, разросшиеся одно или несколько укороченных междоузлий которого образуют клубневидное, мясистое, однолетнее образование, покрытое сухими, пленчатыми чешуями или остатками оснований отмерших листьев (рис. 11). Клубнелуковицы служат для накопления питательных веществ и ежегодного возобновления. Клубнелуковицы внешне напоминают луковицу.

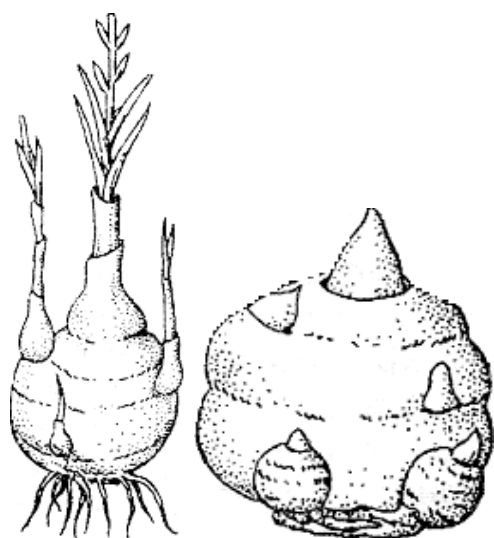


Рис. 11. Клубнелуковицы шафрана (*Crocus sp.*).

Клубневые — травянистые растения с клубнями. Выделяют стеблеклубневые, корнеклубневые, столоноклубневые, корневищноклубневые (рис. 12).

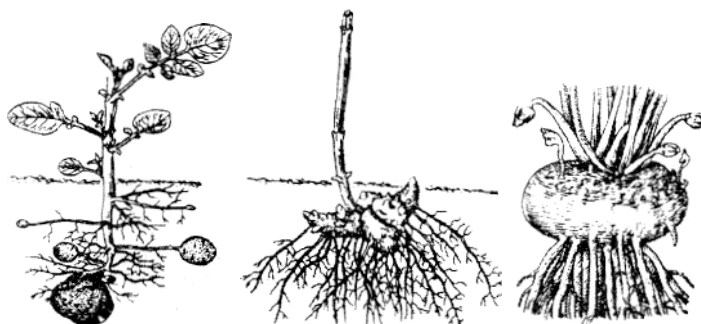


Рис. 12 Клубневые растения: а — картофель (*Solanum tuberosum*), б — норичник шишковатый (*Scrophularia nodosa*), в — цикламен персидский (*Cyclamen persicum*).

Столонные растения имеют видоизмененный одно- или малолетний ползучий побег с длинными, тонкими междоузлиями и чешуевидными или ассимилирующими листьями (рис. 13). Столоны обеспечивают вегетативное размножение, в них не откладываются в запасе питательные вещества. Различают надземно- и подземностолонные. Надземные столоны иногда называют усами и плетями.

Корнеотпрысковые растения — образуют отпрыски (поросль) из придаточных почек на корнях.

Наземно-ползучие травы — растения, у которых лежащие и стелющиеся побеги образуют придаточные корни (рис. 14).

Лианы — лазающие растения, использующие в качестве опоры другие растения, постройки и др. Побеги лиан не способны самостоятельно

сохранять вертикальное положение. Лианы могут быть древесными и травянистыми. По способу лазания различают: опирающиеся, цепляющиеся, корнелазающие, усиконосные, вьющиеся. Большинство лиан произрастает в тропиках.

Эпифиты — растения, которые поселяются на стволах и ветвях других растений, но не являются паразитами по отношению к ним. Эпифиты встречаются, главным образом, во влажных тропических лесах (рис. 15).

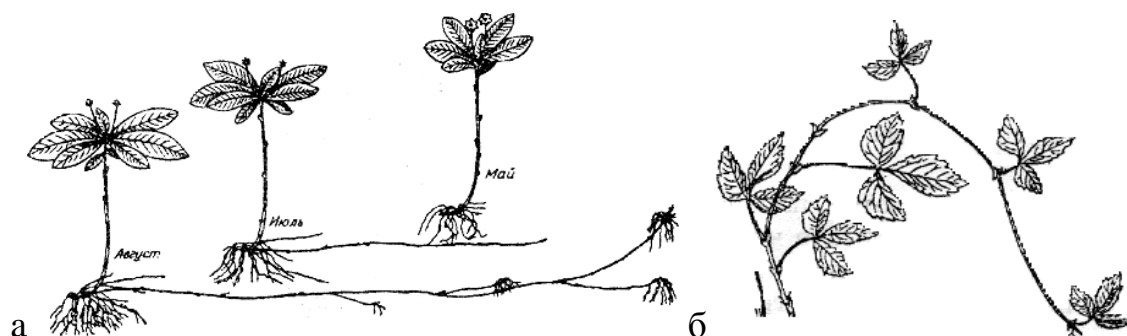


Рис. 13. Столонные (или столонообразующие) растения:  
а – подземностолонное (седмичник европейский – *Trientalis europaea*), б –  
надземностолонное (костяника – *Rubus saxatilis*)



Рис. 14. Наземно-ползучее растение луговой чай (*Lysimachia nummularia*).



Рис. 15 Эпифитный папоротник платицериум оленерогий (*Platycerium sp.*)

Растения-подушки — характеризуются плотным расположением побегов, низкорослостью, в результате чего формируется подушковидная форма роста. Растения-подушки в большинстве своем — стержнекорневые многолетники, травянистые или древесные, распространенные, главным образом, в высокогорьях и тундрах (рис. 16).



Рис. 16. Растение-подушка азорелла (*Azorella sp.*).

## 2. Справочные рисунки по морфологии растений

### I. Морфология корня

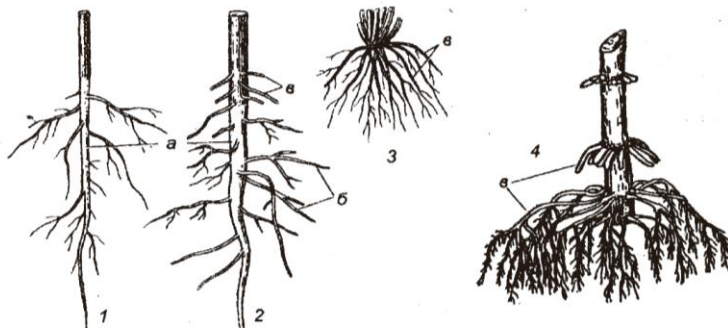


Рис. 1. Типы корней и корневых систем:  
1, 2 – стержневые корневые системы с главным корнем (а), боковыми (б) и при- даточными (в), 3, 4 – мочковатые корневые системы.

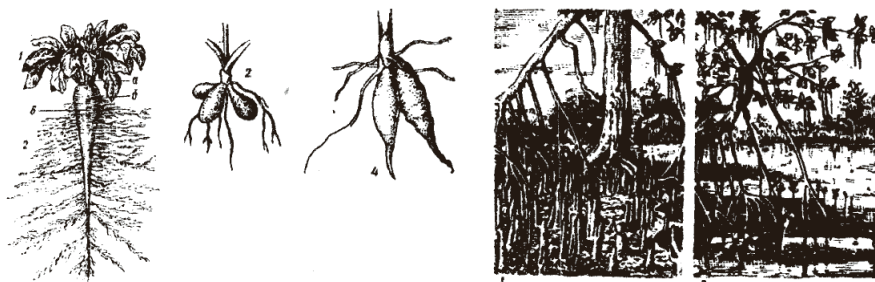


Рис. 2. Видоизменения корней: 1 – корнеплод; 2, 3 – корнеклубни; 4 – дыхательные (видны во время отлива); 5 – ходульные корни.

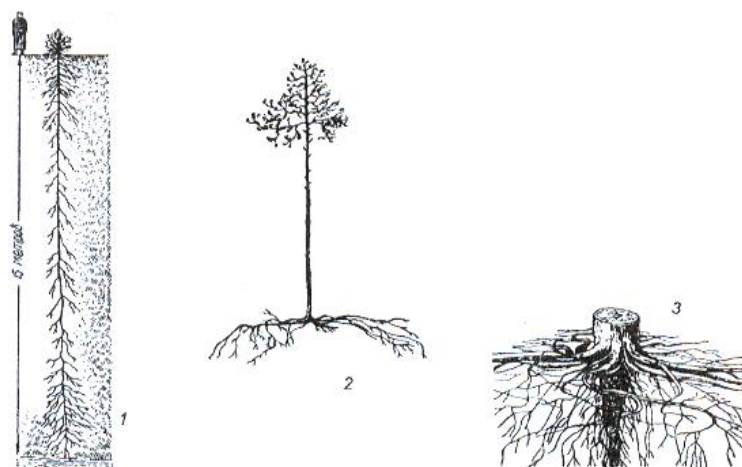


Рис. 3. Корневые системы в зависимости от условий обитания:  
1 – верблюжья колючка, 2 – сосна на сфагновом болоте, 3 – сосна на

песчаной почве.

## II. Морфология побега

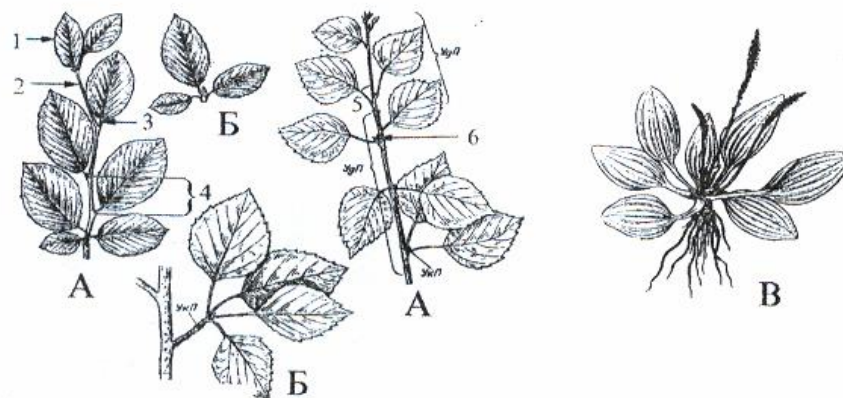


Рис. 4. Строение побега:

1 – лист; 2 – стебель; 3 – узел; 4 – междоузлие; 5 – пазуха листа, 6 – пазушная почка; А – удлинённые побеги; Б – укороченные побеги; В – укороченный розеточный побег.

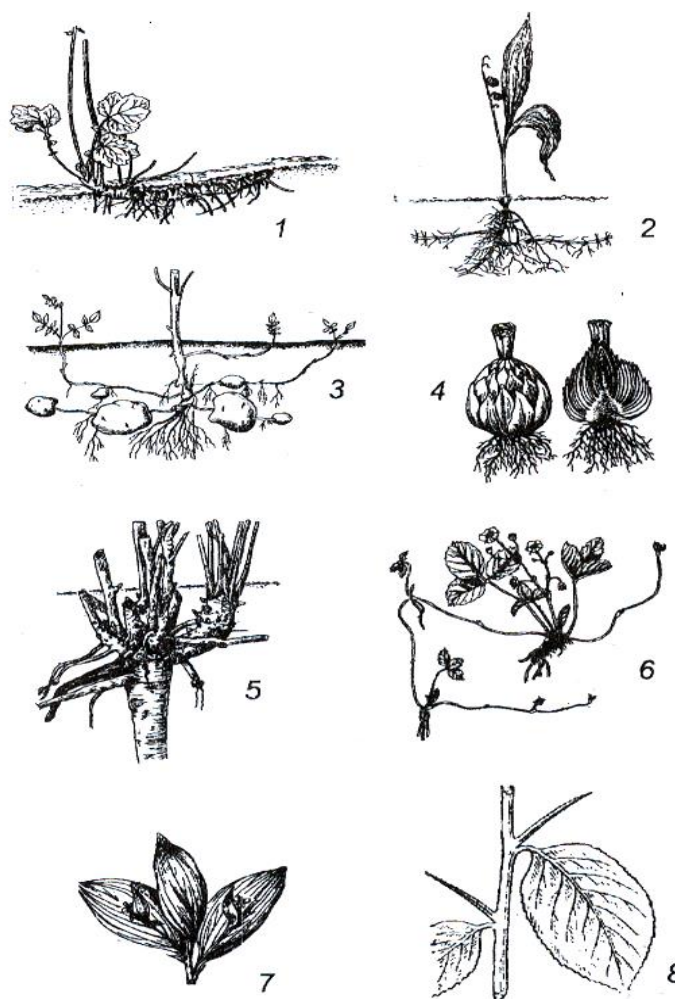


Рис. 5. Видоизменения побега:

1 – корневище гравилата, 2 – корневище ландыша, 3 – клубень картофеля, 4 – луковица лилии, 5 – каудекс люпина, 6 – усы земляники, 7 – филлоклады иглицы, 8 – побеговая



колючка груши.

### III. Морфология стебля



Рис. 6. Типы стеблей по расположению в пространстве:  
1 – прямостоячий, 2 – приподнимающийся; 3 – лежачий, 4 – ползучий (укореняющийся в узлах), 5 – цепляющийся (лазающий), 6 – вьющийся.

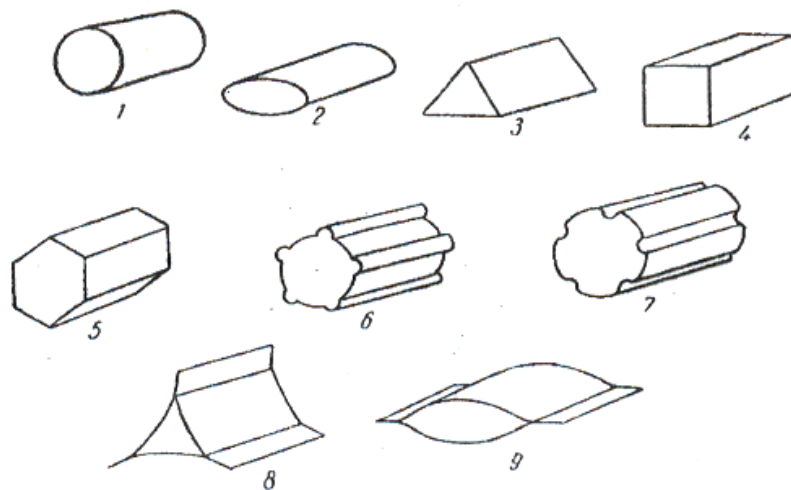


Рис. 7. Типы стеблей по поперечному сечению: 1 – округлый, 2 – сплюснутый, 3 – трехгранный, 4 – четырехгранный, 5 – многогранный, 6 – ребристый, 7 – бороздчатый, 8, 9 – крылатый.

#### IV. Морфология листа

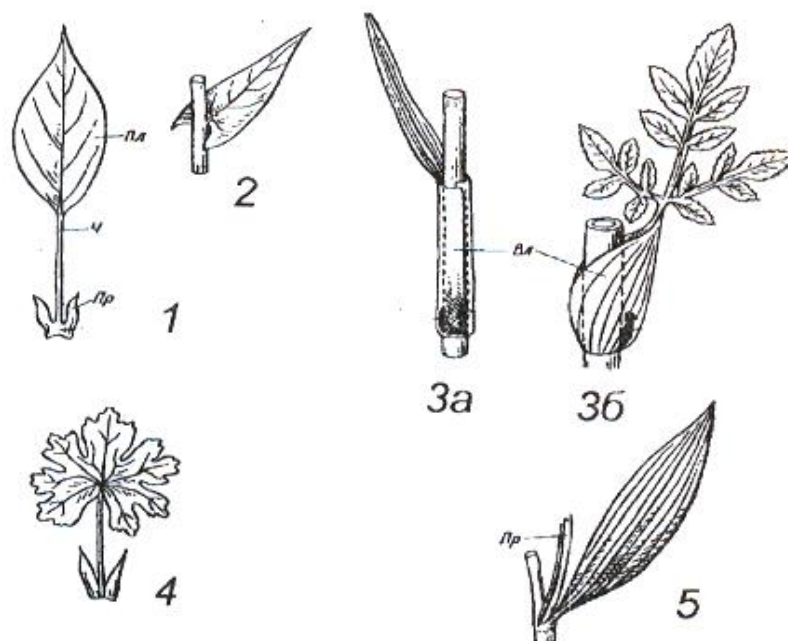


Рис. 8 Основные части листа:

1 – черешковый, 2 – сидячий, 3а и 3б – с влагалищем, 4 – с прилистниками. Пл. – листовая пластинка, Ч – черешок, Пр – прилистники



Рис. 9 Разнообразие прилистников:

Опадающие: 1 – дуб, 2 – липа, 3 – черемуха; типичные: 4 – земляника;  
фотосинтезирующие: 5 – горох, 6 – чина; образующие ушки: 7 – полынь-чернобыльник;  
образующие раструб: 8 и 8а – горец.  
Пр. – прилистники, Р. – раструб, У – ушки.

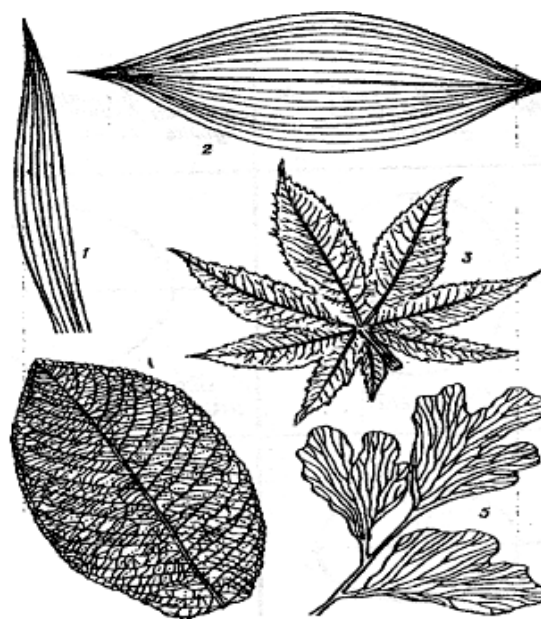


Рис. 10 Типы жилкования:  
1 – параллельное; 2 – дуговидное; 3 – сетчато-пальчатое; 4 – сетчато-перистое; 5 – дихотомическое.

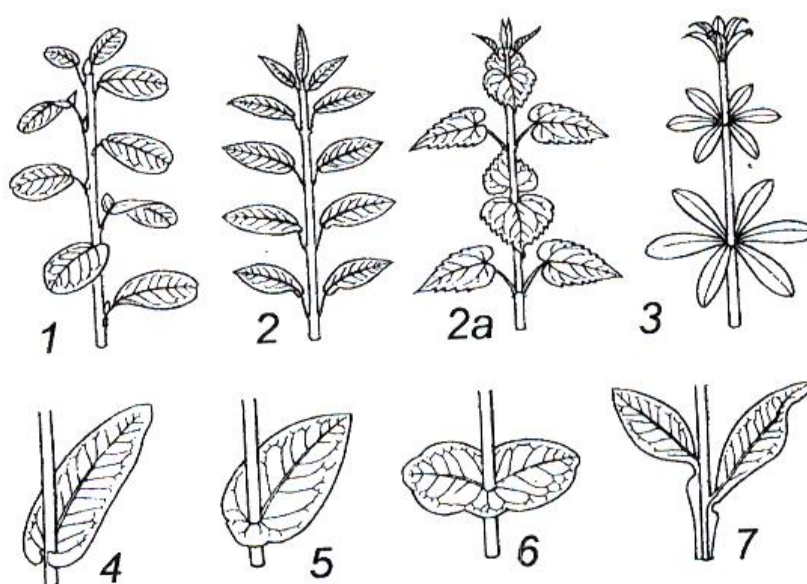


Рис. 11 Листорасположение и прикрепление к стеблю:  
Расположение листьев: 1 – очередное (спиральное); 2 и 2а – супротивное; 3 – мутовчатое. Листья по прикреплению к стеблю: 4 – полустеблеобъемлющий, 5 – стеблеобъемлющий, 6 – пронзенный, 7 – избегающий.

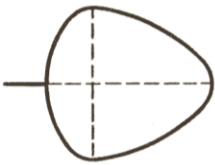
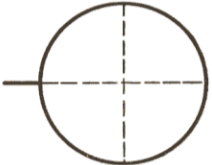
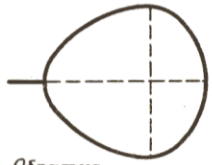
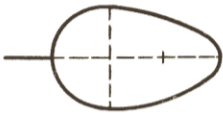
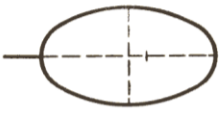
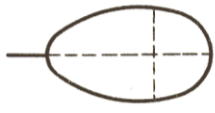




	Наибольшая ширина находится ближе к основанию листа	Наибольшая ширина находится посередине листа	Наибольшая ширина находится ближе к верхушке листа
Длина равна ширине или превышает ее очень мало	 Широкояйцевидный	 Округлый	 Обратно-широкояйцевидный
Длина превышает ширину в 1½ – 2 раза	 Яйцевидный	 Эллиптический	 Обратнояйцевидный
Длина превышает ширину в 3–4 раза	 Узкояйцевидный	 Ланцетный	 Обратно-узкояйцевидный
Длина превышает ширину более чем в 5 раз	 Линейный		

Рис. 12 Формы листовой пластинки.

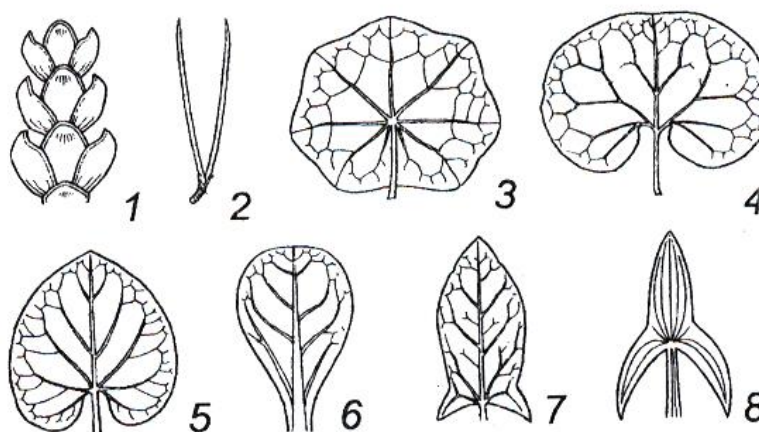


Рис. 13 Особые формы листовой пластинки:

1 – чешуйчатый, 2 – игольчатый, 3 – щитовидный, 4 – почковидный, 5 – сердцевидный, 6 – лопатчатый, 7 – копьевидный, 8 – стреловидный.

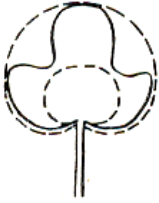

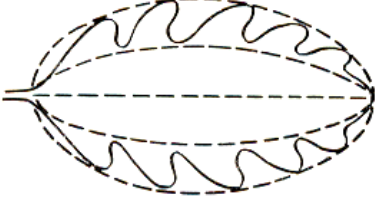

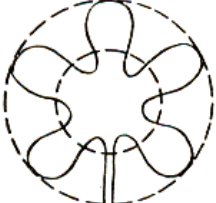
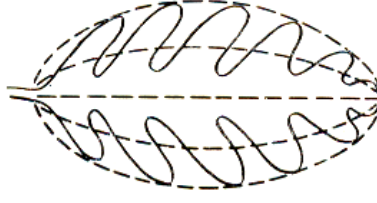
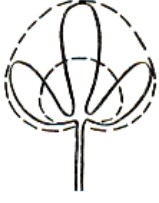
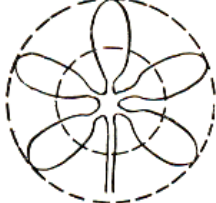
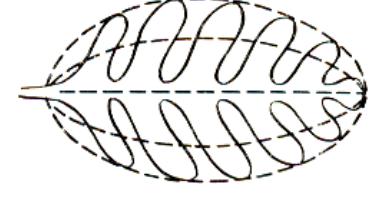

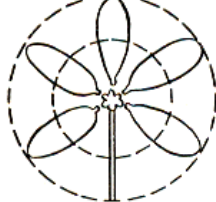

		Тройчато- (трех-)	Пальчато-	Перисто-
Простые листья	Лопастный (менее чем до половины ширины пластинки)			
	Раздельный (глубже половины ширины пластинки)			
	Рассеченный (до основания)			
	Сложные листья (листочка на черешочках с сочленениями)			

Рис. 14 Расчленение листовой пластинки.



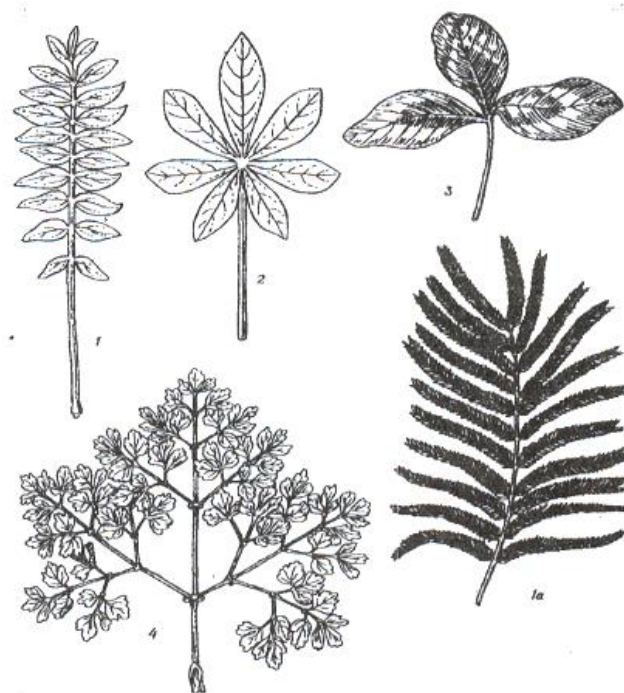


Рис. 15 Сложные листья:  
1 – перистый, 1а – дваждыперистый, 2 – пальчатый, 3 – тройчатый, 4 – многократно тройчатый.



Рис. 16 Особые типы расчленения листовой пластинки:  
1 – лировидный, 2 – гребневидный, 3 – струговидный, 4 – прерывчатоперистый.

### 3. Геоботанические описания на участках разного природопользования

1. первоначально дается видовой состав древостоя и формула;
2. видовой состав подроста – это подрастающие деревья;
3. видовой состав подлеска – это видовой состав кустарников;
4. травостой – видовой состав трав, кустарничков и мхов
5. в начале травостоя указываются доминантные и содоминантные виды растений.

#### **Раифа (заповедник) Площадка №1. (кв. 80)**

##### **Дубняк с липой осоково-пролесниковый.**

Освещённость: 40%

Проективное покрытие: 85%

Формула древостоя: 3Д4Л2В1Б.

**Древостой:** Дуб черешчатый, липа сердцевидная, вяз шершавый, берёза повислая,

**Подрост:** Липа сердцевидная, вяз шершавый, клён остролистный

**Подлесок:** Рябина обыкновенная, черёмуха обыкновенная, малина, бересклет бородавчатый

##### **Травостой:**

Пролесник многолетний – дом	Сныть обыкновенная-содом
Щитовник мужской	Борец высокий
Фиалка удивительная	Медуница неясная
Володушка золотистая	Таволга вязолистная
Гравилат городской	Звездчатка жестколистная
Адокса мускусная	Крапива двудомная
Копытень европейский	Лютик кашубский
Щитовник ленцетогребенчатый	Осока волосистая – содом
Колокольчик крапиволистный	Яснотка крапчатая
Купена многоцветковая	Чистец лесной
Будра плющевидная	Купырь лесной
Хохлатка луковичная	Мятлик дубравный
Ветреничка лютичная	Пустырник пятилопостной

#### **Раифа. Площадка №2. (кв. 80)**

##### **Липняк с берёзой и дубом снытево-пролесниковый.**

Освещённость: 35%

Проективное покрытие: 90%

Формула древостоя: 5Л4Б1Д.

**Древостой:** Липа сердцевидная, берёза повислая, дуб черешчатый

**Подрост:** Липа сердцевидная, вяз шершавый, клён остролистный, берёза повислая

**Подлесок:** Бересклет бородавчатый, рябина обыкновенная, черёмуха обыкновенная

##### **Травостой:**

Пролесник многолетний – дом	Сныть обыкновенная-содом
Щитовник мужской	Борец высокий
Фиалка удивительная	Медуница неясная
Овсяница гигантская	Вероника дубравная
Гравилат городской	Звездчатка жестколистная
Адокса мускусная	Крапива двудомная
Копытень европейский содом	Лютик кашубский
Страусник обыкновенный	Осока волосистая

Колокольчик крапиволистный	Будра плющевидная
Купена лекарственная	Купырь лесной
Вороний глаз четырёхлопастной	Хохлатка луковичная
Ветреничка лютичная	Мятлик дубравный
Яснотка крапчатая	Гусиный лук желтый

### Раифа.

#### Площадка №3. (кв. 80)

##### Липняк с вязом снытево-пролесниковый

Освещённость: 30%

Проективное покрытие: 95%

Формула древостоя: 5ЛЗВ1Д1Е.

Древостой: Липа сердцевидная, Вяз шершавый, Ель финская – ед., Дуб черешчатый

Подрост: Липа сердцевидная, Вяз шершавый, Клён остролистный;

Подлесок: Рябина обыкновенная, черёмуха обыкновенная, Бересклет бородавчатый

Травостой:

Пролесник многолетний – дом	Сныть обыкновенная – дом.
Щитовник мужской	Борец высокий
Фиалка удивительная	Медуница неясная
Будра плющевидная	Осока волосистая
Чистяк весенний	Звездчатка жестколистная
Адокса мускусная	Крапива двудомная
Копытень европейский	Купырь лесной
Щитовник ланцетогребенчатый	Бор развесистый
Полевица тонкая	Хохлатка луковичная
Перловник поникший	Гусиный лук малый

Мхи: Плерозиум Шребера

### Раифа.

#### Площадка №4. (посадка, кв. 66)

##### Ельник с липой снытево-страусниковый

Освещённость: 45%

Проективное покрытие: 70%

Формула древостоя: 6ЕЗЛ1Б.

Древостой: Ель финская, Липа сердцевидная, Берёза повислая

Подрост: Липа сердцевидная, Вяз гладкий, Клён остролистный

Подлесок: Рябина обыкновенная, Черемуха обыкновенная

Травостой: Пролесник многолетний-содом	Сныть обыкновенная – дом.
Щитовник мужской	Борец высокий
Фиалка удивительная	Медуница неясная
Страусник обыкновенный – сод	Осока волосистая
Звездчатка жестколистная	Чистотел большой
Ясменник пахучий	Крапива двудомная
Копытень европейский	Хвощ полевой – содом
щитовник ланцетогребенчатый	Бор развесистый
Будра плющевидная	Звездчатка жестколистная
Фиалка скальная	Пустырник пятилопастной

Мхи: Плерозиум Шребера



**Раифа**  
**Площадка №6 (кв. 52)**

**Сосняк с елью и липой кислично-осоковый.**

Освещённость: 65%

Проективное покрытие: 65%

Формула древостоя: 4С4Е2Л+В.

Древостой: Сосна обыкновенная, ель финская, вяз гладкий, липа сердцевидная,

Подрост: Ель финская, вяз гладкий, липа сердцевидная, клён остролистный, черёмуха обыкновенная;

Подлесок: Рябина обыкновенная, бересклет бородавчатый, малина

Травостой:	Кислица обыкновенная-дом. Орляк обыкновенный – содом. Брусника Щитовник мужской Земляника лесная Купена многоцветковая Фиалка удивительная Телиптерис буковый Костяника Осока верещатниковая Майник двулистный Ясменник пахучий Линнея северная	Осока волосистая – дом. Черника Ландыш майский Щитовник ланцетогребенчатый Медуница неясная Ортилия однобокая Грушанка круглолистная Фиалка песчаная Осока корневищная Седмичник европейский Чистотел большой Крапива двудомная Купырь лесной
------------	---	---

Мхи: Плериозиум Шребера-дом., Дикранум

**Раифа**  
**Площадка № 7 (кв. 52)**

**Ельник с сосной чернично-кислично-мшистый.**

Освещённость: 75%

Проективное покрытие: 95%

Формула древостоя: 5Е4С1Б1Л.

Древостой: Сосна обыкновенная, берёза повислая, ель финская

Подрост: Ель финская, вяз гладкий, липа сердцевидная, берёза повислая, дуб черешчатый, клён остролистный;

Подлесок: Рябина обыкновенная, бересклет бородавчатый, малина

Травостой:	Кислица обыкновенная – дом. Орляк обыкновенный Брусника – содом. Вербейник монетчатый Ортилия однобокая Седмичник европейский Майник двулистный Щитовник ланцетогребенчатый Костяника Сныть обыкновенная Овсяница гигантская Подмаренник мягкий Яснотка крапчатая Крапива двудомная Копытень европейский Фиалка песчаная	Осока волосистая Черника – содом. Вейник лесной Грушанка круглолистная Щитовник мужской Фиалка удивительная Ландыш майский Купена лекарственная Земляника лесная Чистотел большой Звездчатка жестколистная Мятлик узколистный Осока корневищная Ясменник пахучий Линнея северная Осока корневищная
------------	---	---

Мхи: Гилокониум, Плеуроизиум Шребера-дом

**Раифа**  
**Площадка №8 (кв. 52)**

**Сосняк с елью бруснично-чернично-кислично-мшистый.**

Освещённость: 85%

Проективное покрытие: 75%

Формула древостоя: 7С3Е.

Древостой: Сосна обыкновенная, Ель финская

Подрост: Ель финская, вяз гладкий, липа сердцевидная, берёза повислая, дуб черешчатый, рябина обыкновенная;

Подлесок: Рябина обыкновенная, бузина кистевидная, малина, волчеягодник обыкновенный, можжевельник обыкновенный

Травостой:	Кислица обыкновенная – дом. Черника – дом. Вейник лесной Линнея северная Ортилия однобокая Седмичник европейский Майник двулистный Щитовник ланцетогребенчатый Костяника Толокнянка обыкновенная-ед. Чистотел большой Звездчатка средняя Крапива двудомная Золотарник обыкновенный Фиалка скальная Голокучник Линнея Плаун сплюснутый	Орляк обыкновенный Брусника – содом. Любка двулистная Грушанка средняя Щитовник мужской Марьянник луговой Ландыш майский Купена лекарственная Земляника лесная Сныть обыкновенная Бодяк полевой Подмаренник цепкий Ясменник пахучий Полевица тонкая Осока верещатниковая Зимолюбка зонтичная Осока пальчатая
------------	---	--

Мхи: Гилокониум, Плеурозиум Шребера-дом., Дикранум-дом

**Раифа**  
**Площадка №9 (кв. 52)**

**Сосняк вейниково-бруснично-ландышево-мшистый.**

Освещённость: 80%

Проективное покрытие: 70%

Формула древостоя: 9С1Е.

Древостой: Сосна обыкновенная, Ель финская

Подрост: сосна обыкновенная, ель финская;

Подлесок: Малина

Травостой:	Вейник лесной – дом. Кислица обыкновенная Грушанка зеленоцветковая – ед. Брусника – дом. Линнея северная Ортилия однобокая Золотарник обыкновенный Щитовник ланцетогребенчатый Костяника Звездчатка средняя Крапива двудомная Фиалка скальная	Ландыш майский – дом. Осока корнеищная Черника – содом Марьянник луговой Грушанка средняя Толокнянка обыкновенная Осока верещатниковая Купена лекарственная Земляника лесная Зимолюбка зонтичная Майник двулистный Плаун сплюснутый – содом.
------------	--	---

Мхи, лишайники: Плеурозиум Шребера, Дикранум, Гилокониум, Кладония

**Раифа**  
**Площадка № 10 (кв. 42)**

**Сосняк бруснично-вейниковый.**

Освещенность: 90%

Проективное покрытие: 70%

Формула древостоя: 10С+ Б.

Древостой: Сосна обыкновенная, Берёза повислая

Подрост: Ель финская, липа сердцевидная, рябина обыкновенная, дуб черешчатый;

Подлесок: ракитник русский, можжевельник обыкновенный, малина, бересклет

бородавчатый, бузина кистевидная

Травостой:	Брусника – дом. Чистотел большой Кислица обыкновенная – содом. Земляника лесная Ортилия однобокая Ландыш майский Осока ранняя Колокольчик раскилистый Мхи: Дикранум, политрихум, Гилагомиум	Черника – содом. Щитовник мужской Вейник лесной – содом. Вейник наземный Осока верещатниковая Осока корневищная Ожика волосистая Черноголовка обыкновенная
------------	---	---

**Лебяжье (рекреация).**

**Площадка №1. (кв. 17)**

**Липняк с берёзой осоково-снытевый.**

Освещённость: 60%

Проективное покрытие: 95%

Формула древостоя: 4Л6Б.

Древостой: Липа сердцевидная, Берёза повислая

Подрост: Берёза поивслая, липа сердцевидная, осина

Подлесок: Рябина обыкновенная, бересклет бородавчатый, черёмуха обыкновенная,

Травостой:	Осока волосистая – дом. Копытень европейский – содом. Ландыш майский Чина весенняя Фиалка холмовая Вероника дубравная Колокольчик раскидистый Вейник лесной Ежа сборная Пахучка обыкновенная Клевер луговой Лютик кашубский Осока корневищная Перловник поникший Чистотел большой Будра плющевидная Фиалка удивительная Овсяница луговая	Сныть обыкновенная – содом. Пролесник многолетний Медуница неясная Звездчатка жестколистная Буквица приувеличенная Горошек заборный Колокольчик крапиволистный Мятлик дубравный Гравилат городской Клевер ползучий Репешок обыкновенный Земляника лесная Овсяница гигантская Купырь лесной Герань лесная Адокса мускусная Хохлатка луковичная Ветреничка лютичная
------------	---	--

### Лебяжье.

#### Площадка №2. (кв. 21)

На месте елово-широколиственного леса.

#### Липняк с елью и берёзой волосистоосоково-снытевый.

Освещённость: 60%

Проективное покрытие: 80%

Формула древостоя: 6Л+3Б+1Е.

Древостой: Липа сердцевидная, Берёза повислая, ель финская

Подрост: Ель финская, липа сердцевидная, клён остролистный, ильм шершавый ,

Подлесок: Рябина обыкновенная, бересклет бородавчатый, жимолость лесная, калина обыкновенная

Травостой:	Осока волосистая – дом.	Сныть обыкновенная – дом.
	Копытень европейский – содом.	Кочедыжник женский
	Голокучник Линнея	Тилептерис буковый
	Звездчатка жестколистная	Осока корневищная
	Бор развесистый	Чина весенняя
	Дудник обыкновенный	Медуница неясная
	Овсяница гигантская	Щитовник ланцетогребенчатый
	Хвощ луговой	Хвощ лесной
	Костяника	Мятлик дубравный
	Кислица обыкновенная	Вероника дубравная
	Вероника лекарственная	Ландыш майский
	Гравилат речной	Вейник лесной
	Майник двулистный	Горошек лесной
	Фиалка удивительная	Воронец колосистый
	Звездчатка средняя	Иван чай узколистный
	Бодяк полевой	Мать и мачеха
	Черноголовка обыкновенная	Горошек заборный
	Грушанка круглолистная,	Грушанка средняя,
	Ортилия однобокая	Хохлатка луковичная

Мхи: Дикранум, Политрихум

### Лебяжье.

#### Площадка №3. (кв. 31)

#### Сосняк с берёзой и липой осоково-снытевый

Освещённость: 40%

Проективное покрытие: 80%

Формула древостоя: 4С+3Л+3Б.

Древостой: Сосна обыкновенная, Липа сердцевидная, Берёза повислая

Подрост: Липа сердцевидная, осина - ед., дуб черешчатый

Подлесок: Рябина обыкновенная, бересклет бородавчатый, жимолость лесная, малина

Травостой:	Осока волосистая – дом.	Сныть обыкновенная – дом.
	Копытень европейский	Звездчатка жестколистная
	Осока корневищная	Ландыш майский
	Купена лекарственная	Будра плющевидная
	Костяника	Чина весенняя
	Фиалка удивительная	Фиалка холмовая
	Земляника лесная	Вейник лесной
	Звездчатка злаковидная	Гравилат речной
	Бор раскидистый	Дремлик широколистный
	Ежа сборная	Горошек заборный

Овсяница гигантская  
 Пикульник sp.  
 Буквица лекарственная  
 Клевер средний  
 Пахучка обыкновенная  
 Коротконожка перистая

Подмаренник мягкий  
 Герань лесная  
 Бодяк разнолистный  
 Горошек лесной  
 Зверобой продырявленный  
 Василёк фригийский

#### Лебяжье.

##### Площадка №4. (кв. 31)

##### Сосняк с березой и липой волосистоосоково-снытевый

Освещённость: 40%

Проективное покрытие: 80%

Формула древостоя: 6С+3Б+2Л.

Древостой: Сосна обыкновенная, Липа сердцевидная, Берёза повислая

Подрост: Липа сердцевидная, Осина - ед., Дуб черешчатый – ед.

Подлесок: Рябина обыкновенная

Бересклет бородавчатый

Жимолость лесная

Малина

Травостой: Осока волосистая – дом

Сныть обыкновенная – дом.

Копытень европейский

Звездчатка жестколистная

Осока корневищная

Ландыш майский

Купена лекарственная

Будра плющевидная

Костяника

Фиалка удивительная

Фиалка холмовая

Земляника лесная

Вейник лесной

Звездчатка злаковидная

Бор раскидистый

Дремлик широколистный

Ежа сборная

Горошек заборный

Овсяница гигантская

Подмаренник мягкий

Пикульник sp.

Герань лесная

Буквица лекарственная

Бодяк разнолистный

Клевер средний

Горошек лесной

Пахучка обыкновенная

Зверобой продырявленный

Коротконожка перистая

Василёк фригийский

#### Лебяжье.

##### Площадка №6 (кв. 83)

##### Сосняк с березой вейниково-костяничный

Освещённость: 60%

Проективное покрытие: 80%

Формула древостоя: 5С+5Б.

Древостой: Сосна обыкновенная, Берёза повислая

Подрост: Берёза повислая, Липа сердцевидная, Дуб черешчатый, Клён остролистный

Подлесок: Можжевельник обыкновенный - ед.

Рябина обыкновенная

Бересклет бородавчатый

Ракитник русский

Калина обыкновенная - ед.

Травостой: Костяника – дом.

Вейник лесной – дом.

Осока волосистая – содом.

Сныть обыкновенная – содом.

Коротконожка перистая

Вороний глаз четырехлистный

Ландыш майский

Подмаренник северный

Перловник поникший

Черника

Брусника

Фиалка удивительная

Ежа сборная

Гравилат городской

Фиалка собачья

Короставник полевой

Вероника дубравная  
Ортилия однобокая  
Будра плющевидная

Чина весенняя  
Горошек мышиный  
Горошек заборный

### Лебяжье.

#### Площадка №7. (кв. 82)

(На месте елово-соснового чернично-мшистого леса).

**Сосняк с елью и березой чернично-ландышево-мшистый.**

Освещённость: 50%

Проективное покрытие: 60%

Формула древостоя: 5С+3Е+2Б.

Древостой: Сосна обыкновенная, Ель финская, Берёза повислая – ед.

Подрост: Ель финская, Сосна обыкновенная, Берёза повислая, Липа сердцевидная – ед., Осина – ед.

Подлесок: Крушина ломкая, Ива козья, Рябина обыкновенная, Малина, Бузина кистевидная – ед.

Травостой: Черника – дом.

Костяника – дом.

Майник двулистный

Золотарник обыкновенный

Полевица тонкая

Грушанка круглолистная

Пахучка обыкновенная

Вероника дубравная

Ежа сборная

Яснотка крапчатая

Звездчатка средняя

Щучка дернистая

Седмичник европейский – ед.

Ожика волосистая

Ландыш майский – дом.

Осока волосистая – содом.

Марьянник луговой

Земляника лесная

Гравилат городской

Ортилия однобокая

Душистый колосок обыкновенный

Буквица лекарственная

Репешок обыкновенный

Вероника дубравная

Чистотел большой

Хвощ полевой

Молиния голубая

Щитовник ланцетогребенчатый

Мхи: сфагнум, политрихум, дикранум.

### Лебяжье.

#### Площадка №8. (кв. 93)

**Сосняк с березой вейнико-ландышевый с брусникой.**

Освещённость: 70%

Проективное покрытие: 60%

Формула древостоя: 8С2Б.

Древостой: Сосна обыкновенная

Подрост: Сосна обыкновенная, Берёза повислая, Липа сердцевидная – ед.

Подлесок: Рябина обыкновенная, Ракитник русский, Дрок красильный, Малина

Травостой: Брусника – содом.

Костяника – содом.

Черника – содом

Осока корневищная

Василёк луговой

Фиалка полевая

Перловник поникший

Земляника лесная

Золотарник обыкновенный

Подмаренник настоящий

Подмаренник мягкий

Ландыш майский – дом.

Вейник наземный – дом.

Ортилия однобокая

Ожика волосистая

Мятлик узколистный

Фиалка собачья

Купена лекарственная

Смолёвка поникшая

Вероника дубравная

Щавель малый

Ястребинка дернистая

Одуванчик лекарственный	Хлопушка обыкновенная
Ежа сборная	Икотник серый
Мхи: дикранум	

### Лебяжье.

#### Площадка №9. (кв. 93)

(На месте сосняка чернично-бруснично-зеленомошного леса)

**Сосняк вейнико-бруснично-ландышевый с черникой.**

Освещенность: 70%

Проективное покрытие: 60%

Формула древостоя: 10С.

Древостой: Сосна обыкновенная

Подрост: Сосна обыкновенная, Берёза полвислая, Дуб черешчатый – ед.

Подлесок: Рябина обыкновенная, Ракитник русский, Дрок красильный,

Можжевельник обыкновенный, Малина

Травостой: Черника – содом.

Костяника – содом.

Брусника – содом

Осока пальчатая

Василёк сумский

Кошачья лапка двудомная

Перловник поникший

Земляника лесная

Золотарник обыкновенный

Марьянник луговой

Мятлик дубравный

Подмаренник мягкий

Ястребинка волосистая

Ландыш майский – дом.

Вейник наземный – дом.

Ортилия однобокая

Ожика волосистая

Мятлик узколистный

Фиалка горная

Купена лекарственная

Смолёвка поникшая

Прострел раскрытый

Вероника колосистая

Щавель малый

Ястребинка дернистая

Осока корневищная

Мхи: дикранум, плеуроциум

### Лебяжье.

#### Площадка №10. (кв. 103)

(На месте сосняка бруснично-лишайникового)

**Сосняк бруснично-вейниково-лишайниковый**

Освещенность: 90%

Проективное покрытие: 60%

Формула древостоя: 10С.

Древостой: Сосна обыкновенная

Подрост: Сосна обыкновенная, Берёза обыкновенная – ед., Осина – ед.

Подлесок: Ракитник русский, Дрок красильный, Можжевельник обыкновенный

Травостой: Брусника – дом.

Ландыш майский – содом.

Купена лекарственная

Кошачья лапка двудомная

Зимолюбка обыкновенная

Ястребинка зонтичная

Ястребинка волосистая

Золотарник обыкновенный

Полевица тонкая

Прострел раскрытый

Вероника лекарственная

Черника – содом.

Вейник наземный – дом.

Василек сумский

Толокнянка обыкновенная

Вероника колосистая

Ястребинка дернистая

Прозанник крапчатый

Ортилия однобокая

Фиалка скальная

Осока пальчатая

Полынь Маршала

Мхи: дикранум, плеуроциум

#### 4. Геоботанические описания фитоценозов на оползневых склонах

##### Сокращения:

##### Жизненные формы

дер – деревья  
куст. – кустарники  
кустч. – кустарнички  
мн. – многолетние травы  
дв. – двулетние травы  
од. – однолетние травы

##### ЭГ по отношению к влаге:

гигр. – гигрофит  
м/г – мезогигрофит  
м. – мезофит  
м/кс – мезоксерофит  
кс. – ксерофит  
гидр. – гидрофиты

##### ЭГ по отношению к свету:

св. – светлюбивые  
тв. – теневыносливые  
тл. – тенелюбивые

##### ЭЦГ:

нем. – неморальные (широколиственные леса)  
бор. – бореальные (хвойные леса)  
б/н – бореально-неморальные (смешанные леса)  
л-л – лесо-луговые (опушки и лесные поляны)  
л-ст. – лесостепные  
ст. – степные  
с/луг – суходольно-луговые  
в/луг – влажно-луговые  
в/б – водно-болотные  
луг. – луговые  
сор. – сорные  
культ. – культурные

Таблица 1

#### Введенская Слобода. Список видов растений по морфологическим элементам оползня (2006 г.) II оползень (западный склон).

Видовой состав	Жизн. форма	Экол. группа по отношению к свету	Экол. группа по отношению к влаге	ЭЦГ	Коренной склон	Бровка	I Надоползневый откос	I ступень	II Надоползневый откос	II ступень	Бугры
1. Бедренец камнеломка	мн.	св.	м.	л-л		+			+		
2. Василек ложнопятнистый	мн.	св.	кс.	ст.					+		
3. Василек шероховатый	мн.	св.	м/кс	л-ст.	+	+	+	+	+	+	
4. Василистник малый	мн.	св.	м.	луг.			+			+	
5. Вейник наземный	мн.	св.	м/кс	с/л	+	+			+	+	+
6. Вероника широколистная	мн.	св.	м.	л-л		+		+			
7. Вьюнок полевой	мн.	св.	м/кс	сор.	+	+		+	+		+
8. Гвоздика травянка	мн.	св.	м/кс	л-л	+		+				
9. Гвоздика Фишера	мн.	св.	м.	луг.			+		+	+	
10. Герань луговая	мн.	св.	м.	луг.		+		+			+
11. Горчавка перекрестнолистная	мн.	св.	м/кс	ст.			+				
12. Горошек длинолистный	мн.	св.	м/кс	ст.					+	+	
13. Горошек мышиный	мн.	св.	м.	сор.	+	+	+	+	+	+	
14. Горчак ястребинковая	мн.	св.	м/кс	сор.		+				+	
15. Деяси́л британский	мн.	св.	м/кс	с/л			+		+		
16. Дрок красильный	куст.	св.	м.	л-ст.						+	
17. Душица обыкновенная	мн.	св.	м/кс	с/л	+			+		+	
18. Ежа сборная	мн.	св.	м.	луг.	+	+		+			+
19. Звездчатка злаковидная	мн.	св.	м.	л-л		+		+			



20. Зверобой продырявленный	мн.	св.	м.	л-л	+						
21. Земляника зеленая	мн.	св.	м/кс	л-ст.	+	+	+	+	+	+	
22. Земляника лесная	мн.	св.	м.	л-л				+			
23. Икотник серый	дв.	св.	м/кс	сор.	+						
24. Клевер луговой	мн.	св.	м.	луг.		+		+		+	
25. Клевер горный	мн.	св.	м/кс	с/л				+			
26. Коровяк метельчатый	мн.	св.	кс.	ст.	+				+		
27. Короставник полевой	мн.	св.	м/кс	л-л	+	+		+		+	+
28. Колокольчик рапунцеливидный	мн.	св.	м/кс	с/л	+	+	+	+	+	+	
29. Костер безостный	мн.	св.	м.	луг.	+	+	+	+	+	+	
30. Крапива двудомная	мн.	тв.	м.	сор.							+
31. Лапчатка серебристая	мн.	св.	м/кс	с/л					+		
32. Лопух паутинистый	мн.	св.	м/кс	сор.							+
33. Лук угловатый	мн.	св.	м/кс	л-ст.			+				
34. Лютик многоцветковый	мн.	св.	м.	луг.		+		+			+
35. Люцерна посевная	дв.	св.	м.	куль т.		+					
36. Люцерна серповидная	мн.	св.	м.	с/л					+		
37. Люцерна хмелевая	мн.	св.	м.	куль т.			+				
38. Мелкопестник едкий	мн.	св.	м/кс	сор.	+				+		
39. Молочай опушенный	мн.	св.	м/кс	л-ст.	+						
40. Молочай прутьевидный	мн.	св.	м/кс	сор.		+	+	+	+	+	+
41. Мятлик обыкновенный	мн.	св.	м.	луг.	+	+					
42. Мятлик узколистный	мн.	св.	м/кс	л-л			+		+		
43. Нивяник обыкновенный	мн.	св.	м.	луг.				+			
44. Ноня темно-бурая	мн.	св.	кс.	ст.			+				
45. Овсец заячий	мн.	св.	кс.	л-ст.			+				
46. Овсяница луговая	мн.	св.	м.	луг.					+	+	
47. Осока ежевидная	мн.	св.	м.	л-л		+					
48. Остролодочник волосистый	мн.	св.	кс.	ст.					+		
49. Подорожник ланцетолистный	мн.	св.	м/кс	с/л		+		+			
50. Подмаренник мягкий	мн.	св.	м.	луг.	+	+	+	+	+	+	
51. Подмаренник настоящий	мн.	св.	м.	луг.	+	+	+	+			
52. Полынь горькая	мн.	св.	м/кс	сор.	+	+			+		
53. Полынь обыкновенная	мн.	тв.	м.	сор.	+		+				
54. Пупавка светло- желтая	мн.	св.	кс.	ст.	+				+		
55. Пустырник пятилопастной	мн.	тв.	м/кс	сор.							+
56. Репешок обыкновенный	мн.	св.	м.	л-л	+	+		+	+	+	
57. Синеголовник	мн.	св.	кс.	сор.	+			+	+		

плосколистный												
58. Смолевка поникшая	мн.	св.	м.	л-л			+	+				
59. Смолка обыкновенная	мн.	св.	м.	луг.							+	
60. Тимофеевка луговая	мн.	св.	м.	луг.	+	+		+				
61. Тысячелистник обыкновенный	мн.	св.	м.	л-л	+	+	+	+				
62. Хатма обыкновенная	мн.	св.	м/кс	ст.	+					+	+	+
63. Цикорий обыкновенный	мн.	св.	м/кс	сор.		+		+	+			
64. Чина луговая	мн.	св.	м.	луг.	+						+	
65. Шалфей мутноватый	мн.	св.	кс.	ст.	+	+		+	+	+		
66. Щавель густой	мн.	св.	м.	сор.			+					
67. Ястребинка луговая	мн.	св.	м/кс	л-л								+
<b>Общее число видов</b>	<b>67</b>	<b>67</b>		<b>67</b>	<b>29</b>	<b>29</b>	<b>22</b>	<b>28</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	

Таблица 2

**Введенская Слобода. Станция “Дачная”. Список видов растений по морфологическим элементам оползня (2007 г.)  
I оползень (северо-восточный склон).**

Структура оползня Видовой состав	Жизн. форма	ЭГ по отношению к свету	ЭГ по отношению к влаге	ЭЦГ	Коренной склон	Бровка	I Надоползневый откос	I ступень	II Внутриоползневой откос	II ступень	III Внутриоползневой откос	III ступень	Бугры
1. Борец высокий	мн.	тв.	м.	нем.	+								
2. Бересклет бородавчатый	куст.	тв.	м.	б/н	+	+					+	+	
3. Береза повислая	дер.	св.	м.	б/н	+		+	+	+		+	+	
4. Бедренец - камнеломка	мн.	св.	м.	луг.							+		
5. Воронец колосистый	мн.	тв.	м.	б/н			+						
6. Вяз гладкий	дер.	тв.	м.	нем.		+	+	+	+	+	+	+	
7. Вероника дубравная	мн.	св.	м.	л-л					+				
8. Воронец красноплодный	мн.	тв.	м.	нем.					+				
9. Дремник широколистственный	мн.	тв.	м.	б/н			+		+		+		
10. Дуб обыкновенный	дер.	св.	м.	нем.				+					
11. Дрок красильный	куст.	св.	м/кс	л-ст.							+	+	
12. Ежевика	куст.	тв.	гигр.	в/луг			+						+
13. Жерушник болотный	од.	св.	гигр.	в/б									+
14. Жимолость лесная	куст.	тв.	м.	б/н		+	+	+	+		+	+	

15. Звездчатка жестколистная	мн.	тв.	м.	нем.	+			+				+	
16. Зверобой пятнистый	мн.	св.	м.	луг.			+						
17. Земляника лесная	мн.	тв.	м.	л-л				+			+	+	
18. Звездчатка средняя	од.	св.	гиг р.	сор.					+				
19. Икотник серый	дв.	св.	м/к с	сор.			+						
20. Ива ушастая	куст.	св.	м.	л-л				+					+
21. Ива ломкая	куст.	св.	м/г	л-л								+	
22. Купырь лесной	мн.	тв.	кс.	л-л								+	
23. Клен остролистный	дер.	тв.	м.	нем.	+		+	+	+	+	+	+	
24. Купена многоцветковая	мн.	тв.	м.	нем.	+								
25. Копытень европейский	мн.	тв.	м.	нем.	+	+	+	+	+	+	+	+	
26. Колючник длиннолистный	дв.	св.	кс.	ст.							+		
27. Крапива двудомная	мн.	тв.	м.	сор.						+		+	+
28. Кирказон обыкновенный	мн.	св.	м/г	в/луг									+
29. Липа сердцевидная	дер.	тв.	м.	б/н	+			+	+	+	+	+	
30. Лещина обыкновенная	куст.	тв.	м.	нем.	+	+	+	+	+	+	+		+
31. Ландыш майский	мн.	тв.	м.	б/н		+	+						
32. Лютик многоцветковый	мн.	св.	м.	луг.				+	+				
33. Мать - и - мачеха	мн.	св.	м.	сор.			+						
34. Малина лесная	куст.	св.	м.	сор.							+	+	
35. Мятлик однолетний	од.	св.	м.	сор.									+
36. Мятлик дубравный	мн.	тв.	м.	нем.									+
37. Осока ранняя	мн.	св.	м.	л-л	+								
38. Осока соседняя	мн.	тв.	м.	л-л			+					+	
39. Одуванчик лекарственный	мн.	св.	м.	сор.			+		+	+			+
40. Ольха серая	дер.	тв.	гиг р.	в/б							+	+	
41. Пролесник многолетний	мн.	тв.	м.	б/н	+								
42. Подорожник средний	мн.	св.	м/к с	л-л			+	+			+		
43. Подмаренник настоящий	мн.	св.	м.	луг.				+					
44. Полынь обыкновенная	мн.	св.	м.	сор.									+

45. Подорожник большой	мн.	св.	м.	сор.									+
46. Рябина обыкновенная	дер.	тв.	м.	б/н		+	+	+	+	+	+		
47. Сныть обыкновенная	мн.	тв.	м.	б/н	+								
48. Смородина черная	куст.	св.	м.	культ			+						
49. Тысячелистник обыкновенный	мн.	св.	м.	л-л				+					
50. Фиалка опушенная	мн.	св.	м.	л-л			+	+			+	+	
51. Фиалка удивительная	мн.	тв.	м.	нем.					+				
52. Хвощ луговой	мн.	тв.	м.	л-л		+							
53. Цикорий обыкновенный	мн.	св.	м.	сор.									+
54. Чистотел большой	од.	св.	м.	сор.					+	+			+
55. Черёмуха обыкновенная	дер.	тв.	м.	нем.								+	
56. Щитовник мужской	мн.	тв.	м.	б/н	+								
57. Щавель густой	мн.	св.	м.	сор.									+
58. Яблоня лесная	дер.	св.	м/к с	л-ст.				+			+		
59. Яснотка крапчатая	мн.	тв.	м.	нем.						+			
60. Ястребинка волосистая	мн.	св.	кс.	л-л							+		
61. Ястребинка луговая	мн.	св.	кс	с/л							+		
<b>Общее число видов</b>	61	61	61	61	13	8	19	18	16	10	21	18	14

Таблица 3

**Список видов растений по морфологическим элементам оползня  
Камское Устье – II оползень рядом с пристанью (2006 г.).**

Видовой состав	ЖФ	ЭГ по отношению к влаге	ЭГ по отношению к свету	ЭЦГ	Коренной склон	Бровка	Надпопозный откос	I ступень	Внутриоползневый откос	II ступень	Оползневые гряды	Бугры
1. Лопух большой	мн	м	св	сор	+							
2. Полынь горькая	мн	кс	св	сор	+	+	+	+			+	+
3. Полынь обыкн.	мн	м	св	сор	+	+	+	+		+	+	+
4. Бодяк обыкн.	мн	м	св	сор	+						+	
5. Цикорий обыкн.	мн	м	св	сор	+							
6. Ястребинка	мн	Кс	св	Л-ст.	+	+				+		

ядовитая												
7. Тысячелистник обыкновенный	мн.	м	тв	Л-л	+	+						
8. Деясил британский	мн	Кс	св	ст	+	+						
9. Осот огородный	од	м	св	сор		+		+	+		+	
10. Латук компасный	од	Кс	св	сор		+	+	+		+	+	+
11. Мать-и-мачеха	мн	м	св	сор			+	+	+		+	+
12. Трехреберник непахучий	мн	м	св	сор			+	+		+	+	+
13. Латук татарский	од	Кс	св	сор							+	
14. Мелколепестник канадский	мн	м/кс	св	сор		+	+					
15. Костер безостый	мн	м	св	луг	+	+	+				+	
16. Вейник наземн.	мн	м	св	Л-ст	+	+			+	+		
17. Ежа сборная	мн	м	св	луг	+	+	+		+			
18. Мятлик луговой	мн	м	св	луг		+			+			
19. Мятлик обыкн.	мн	м	св	луг	+	+						
20. Овсяница валисская (типчак)	мн	Кс	св	ст		+						
21. Овсяница луговая	мн	м	св	луг	+	+						
22. Щетинник малый	од	м	св	сор		+						
23. Астрагал хлопунец	мн	Кс	св	Л-ст	+	+						
24. Чина луговая	мн	м	св	луг	+						+	
25. Люцерна хмелевидная	дв	м	св	культ		+						+
26. Клевер ползучий	мн	м	св	сор	+	+	+	+	+			
27. Клевер гибридный	мн	м	св	Л-л		+	+					
28. Клевер шуршащий	мн	м/кс	св	сор		+		+		+	+	+
29. Клевер луговой	дв	м	св	луг	+	+						
30. Горошек мышинный	мн	м	св	Л-л	+			+				
31. Репешок обыкновенный	мн	м	св	Л-л	+	+						
32. Лапчатка сероватая	мн	м/кс	св	Л-ст		+						
33. Земляника зеленая	мн	м/кс	св	Л-ст	+	+						
34. Гравилат городской	мн	м	св	сор	+	+						
35. Шиповник собачий	куст	м	св	Л-л	+	+						
36. Яблоня домашняя	дер	м	св	культ	+	+	+					
37. Вишня домашняя	дер	м	св	культ	+	+						
38. Слива домашняя	дер	м	св	культ	+							

39. Марь белая	од	м	св	сор	+	+	+	+		+	+	+
40. Марь городская	од	м	св	сор		+					+	+
41. Синеголовник плосколистный	мн	Кс	св	Л-ст		+						
42. Бедренец камнеломка	мн	м	св	Л-л	+	+						
43. Пастернак лесной	мн	м	св	сор	+							
44. Паслен черный	од	м	св	сор		+	+				+	
45. Зверобой продырявленный	мн	м	св	Л-л	+	+						
46. Пустырник пятилопастной	мн	м	св	сор	+	+					+	
47. Будра плющевидная	мн	м	св	Л-л	+	+	+					
48. Клен ясенелистный	дер	м	тв	культ	+					+	+	
49. Колокольчик рапунцелевидный	мн	м/кс	св	Л-ст	+	+		+				
50. Вероника дубравная	мн	м	тв	Л-л	+	+						
51. Вероника пашенная	од	м/	св	сор		+						
52. Льнянка обыкновенная	мн	м	св	сор		+	+	+				+
53. Вьюнок полевой	мн	м/	св	сор	+			+				
54. Гулявник Лёзеля	мн	м	св	сор		+				+		
55. Калина красная	куст	м	св	б/н		+						
56. Подмаренник мягкий	мн	м	св	луг	+	+			+			
57. Подорожник большой	мн	м	св	сор		+	+	+				+
58. Осока соседняя	мн	м	св	б/н	+	+						
59. Копытень европейский	мн	м	св	нем	+							
60. Аистник цикутный	од	м/кс	св	сор	+	+						
61. Чистотел большой	мн	м	св	сор			+					
62. Спорыш птичий	мн	м	/св	сор				+	+	+	+	
63. Кипрей розовый	мн	Гиг	св	Вл/л					+			
64. Щирица запрокинутая	од	Кс	св	сор							+	
65. Горлюха ястребинковидная	мн	м	св	сор		+						
66. Крапива двудомная	мн	м	св	Сор			+	+				
67. Береза повислая	дер	м	св	б/н	+					+	+	
68. Сныть обыкн.	мн	м	св	б/н	+	+				+		

<b>Общее число видов</b>	<b>68</b>	<b>68</b>		<b>68</b>								
------------------------------	-----------	-----------	--	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--

## 5. Справочные материалы к экологическим шкалам

### Справочные материалы к таблицам Г. Элленберга (Ellenberg et al., 1991)

- 1) L – шкала освещенности** (относительно полной дневной освещенности). Шкала освещенности оценивает отношение растений к относительному освещению, преобладающему в местообитании вида.
- 1 – сильнотенелюбивые растения (растут при освещенности до 1%, редко при освещенности более 30%)
  - 2 – От сильнотенелюбивых до тенелюбивых (между 1 и 3 степенями)
  - 3 – Тенелюбивые растения (растут при освещенности до 5%, но могут расти и на более светлых местах)
  - 4 – От тенелюбивых до теневыносливых (между 3 и 5 степенями)
  - 5 – Теневыносливые растения (в большинстве случаев растут при освещенности более 10%, в виде исключения – при полной освещенности).
  - 6 – От теневыносливых до светолюбивых (между 5 и 7 степенями, редко растут при освещенности менее 20%)
  - 7 – Светолюбивые растения (растут в большинстве случаев при полной освещенности, но могут и в тени – до 30%).
  - 8 – От светолюбивых до сильносветолюбивых (в виде исключения могут расти при освещенности до 40%).
  - 9 – Очень светолюбивые растения (растут только на освещенных местах, на открытой местности, при освещенности не менее 50%)
- 2) T – температурная шкала** (распространение по градиенту температурных изменений от средиземноморья к арктической зоне или от равнин к альпийскому поясу).
- 1 – растения холодного климата, только в высокогорье или в бореальной арктической области;
  - 2 – между 1 и 3 (многие арктические виды);
  - 3 – растения прохладного климата, преимущественно в высокогорных субальпийских областях;
  - 4 – между 3 и 5;
  - 5 – растения умеренно теплого климата, от равнин до высокогорий;
  - 6 – между 5 и 7;
  - 7 – растения теплого климата, севера Центральной Европы, только на равнинах;
  - 8 – между 7 и 9, в основном в субсредиземноморье;
  - 9 – растения экстремальных местообитаний, от средиземноморья до наиболее жарких местообитаний в Центральной Европе.
- 3) K – шкала континентальности климата** (распространение по градиенту континентальности от атлантического побережья до центра Евразии, с учетом температурных колебаний).
- 1 – эуокеанический, южноевропейские и западноевропейские виды, в Центральной Европе только в отдельных местах;
  - 2 – океанический, с центром тяжести в Западной, включая запад Центральной Европы;
  - 3 – между 2 и 4 степенями, большей частью центрально-европейские виды;
  - 4 – субокеанический, центрально-европейские и восточноевропейские виды (в основном в Центральной Европе, заходит на восток);
  - 5 – промежуточный слабоокеанический до слабо субконтинентального;
  - 6 – субконтинентальный, восточно-центрально-европейские и восточно-европейские виды (с центром тяжести на востоке Центральной и на границе Восточной Европы);
  - 7 – между 6 и 8 степенями, от субконтинентального до континентального;
  - 8 – континентальный, только в некоторых областях на востоке Центральной Европы;
  - 9 – эуконтинентальный (виды, не встречающиеся в центральной Европе, и редко встречающиеся в Восточной Европе).
- 4) F – шкала увлажнения (влажности) почвы** (распространение по градиенту влажности почв или уровня грунтовых вод от сухих скал до болот и водоемов).



- 1 – сильно сухие местообитания (растения на сухих почвах, часто высыхающих местообитаниях);
- 2 – от сильно сухих до сухих (между 1 и 3 степенями);
- 3 – сухие местообитания (растения, встречающиеся на сухих почвах чаще, чем на свежих почвах);
- 4 – от сухих до свежих местообитаний (между 3 и 5 степенями);
- 5 – свежие местообитания (средневлажные);
- 6 – от свежих до влажных местообитаний (между 5 и 7 степенями);
- 7 – влажные местообитания (хорошо пропитанные влагой, но не сырые);
- 8 – от влажных до сырых местообитаний (между 7 и 9 степенями);
- 9 – сырые местообитания (преимущественно бедные кислородом почвы);
- 10 – временно затапливаемые местообитания (растения, пересыхающих водоемов);
- 11 – мелководная среда (надводные растения);
- 12 – глубоководная среда (подводные растения).

**5) R – шкала кислотности почвы** Шкала кислотности почв оценивает зависимость видов от кислотно-щелочных условий почв, основана на распространении видов от крайне кислых до щелочных (богатых карбонатами или кальцием) местообитаний. При этом, значения шкалы не соответствуют значениями pH почв в связи с различной почвенной кислотностью и содержанием извести).

- 1 – сильнокислые почвы (растения, произрастающие только на кислых, но никогда на слабокислых и щелочных почвах);
- 2 – от сильнокислых до кислых (между 1 и 3 степенями);
- 3 – кислые почвы (растения, произрастающие на кислых почвах и только в виде исключения на нейтральных);
- 4 – от кислых до умеренно кислых почв (между 3 и 5 степенями);
- 5 – умеренно кислые почвы (растения, произрастающие как на сильно кислых, так нейтральных почвах);
- 6 – от умеренно кислых до слабо кислых почв (нейтральных) (между 5 и 7 степенями);
- 7 – от слабо кислых до слабо щелочных почв (растения, никогда не произрастающие на сильно кислых почвах);
- 8 – слабощелочные почвы (между 7 и 9 степенями; растения, указывающие на наличие извести в почвах);
- 9 – Щелочные и карбонатные почвы (растения, всегда произрастающие на почвах богатых известью).

#### **6) N – шкала богатства почвы минеральным азотом**

Шкала азотного богатства согласно новым данным является скорее шкалой питательных веществ, поскольку показывает общий запас питательных веществ в почве – азота, калия, фосфора, магния. Первоначально число N интерпретировалось как мера снабжения растения минеральным азотом ( $\text{NH}_4^+$  и  $\text{NO}_3^-$ ). В органогенных почвах, соответственно, богатых гумусом (например, торфяно-болотные), число N не характеризует наличие там азота, поскольку тот находится в недоступном состоянии.

- 1 – крайне бедные азотом местообитания;
- 2 – от крайне бедных до бедных (между 1 и 3 степенями);
- 3 – бедные азотом местообитания (растения, встречающиеся на богатых азотом почвах только в виде исключения);
- 4 – от бедных до умеренно обеспеченных азотом (между 3 и 5 степенями);
- 5 – умеренно обеспеченные (умеренно богатые) азотом местообитания;
- 6 – от умеренно обеспеченных до богатых азотом (между 5 и 7 степенями);
- 7 – богатые азотом местообитания (растения, встречающиеся на бедных азотом почвах только в виде исключения);
- 8 – от богатых до очень богатых азотом (между 7 и 9 степенями);
- 9 – очень богатые (чрезмерно богатые) азотом местообитания (загрязненные азотом).

## **Справочные материалы к таблицам Э. Ландольта (Landolt, 1977)**

**1) F – шкала увлажнения.** Шкала увлажнения характеризует усредненную влажность почв в течение вегетационного периода. С увеличением балла влажность увеличивается.

1 – растения встречаются преимущественно на очень сухих почвах, не обнаружены на сильно увлажненных почвах, конкурентно не устойчивы на среднеувлажненных (гумидных) почвах. Индикаторы сухих местообитаний.

2 – растения преимущественно встречаются на сухих почвах, чаще избегают очень сухих и очень влажных местообитаний, в целом не конкурентоспособны на сырых местах. Индикаторы умеренной сухости.

3 – растения встречаются на почвах от умеренно сухих до сырых, в целом с широкой экологической амплитудой, обычно избегающие как сухих, так и влажных местообитаний. Индикаторы средних условий увлажнения.

4 – растения преимущественно произрастают на сырых и очень сырых почвах, реже встречаются на сильно увлажненных почвах, избегают сухих почв. Индикаторы хорошего увлажнения.

5 – растения сильно увлажняемых, насыщенных водой почв, избегают сухих и умеренно увлажненных местообитаний. Индикаторы сильно влажных почв.

**2) R – шкала кислотности почвы.** Характеризует содержание свободных ионов  $H^+$  в почве. Низкие баллы – кислые почвы; высокие баллы – нейтральные или щелочные почвы.

1 – растения встречаются преимущественно на очень кислых почвах (pH 3-4,5), никогда не обнаружены на нейтральных или щелочных почвах. Строгие индикаторы кислых почв.

2 – растения встречаются преимущественно на кислых почвах (pH 3,5-5,5), крайне редко могут быть встречены на нейтральных или щелочных почвах. Индикаторы кислых почв.

3 – растения встречаются преимущественно на слабокислых почвах (pH 4,5-7,5), никогда не произрастают на очень кислых почвах, но иногда могут быть обнаружены на нейтральных или слабощелочных почвах.

4 – растения, встречающиеся преимущественно на слабощелочных почвах (pH 5,5-8), никогда не обнаруживаются на сильно кислых почвах. Индикаторы богатых основаниями почв.

5 – растения встречаются почти исключительно на щелочных почвах (pH выше 6,5), избегают кислых почв. Строгие индикаторы щелочных почв (обычно индикаторы карбонатных пород).

**3) N – шкала богатства почвы элементами минерального питания.** Характеризует условия обеспеченности почв элементами минерального питания растений (особенно азотом). Низкие значения шкалы – бедные почвы, высокие значения – богатые почвы.

1 – растения встречаются преимущественно на очень бедных почвах, не найдены на богатых почвах. Строгие индикаторы бедных почв.

2 – растения встречаются преимущественно на бедных почвах, обычно не произрастают на богатых и очень богатых почвах, так как не конкурентоспособны там. Индикаторы бедных почв.

3 – растения встречаются от умеренно бедных до средне-богатых почв, не произрастают на очень бедных или переудобренных почвах.

4 – растения встречаются преимущественно на богатых почвах, очень редко – на бедных. Индикаторы высокого уровня трофности почв.

5 – растения встречаются на почвах с очень высоким поступлением элементов минерального питания (обычно азота), никогда не встречаются на бедных почвах. Индикаторы обильного внесения удобрений, а водные растения – загрязнения (удобрениями).

**4) H – шкала гумусированности почвы.** Шкала гумусированности показывает содержание гумуса в почве в месте произрастания растений. Низкие значения шкалы соответствуют низким величинам содержания гумуса в корнеобитаемом слое и наоборот.

1 – растения встречаются преимущественно на примитивных почвах без гумусового горизонта, избегают почв с толстым гумусовым горизонтом. Индикаторы примитивных почв.

2 – растения встречаются преимущественно на почвах с низким содержанием гумуса, не найдены на торфе или высокогумусных обрабатываемых почвах. Индикаторы минеральных почв.

3 – растения встречаются на почвах со средним содержанием гумуса, очень редко произрастают на примитивных или торфянистых почвах.

4 – растения встречаются преимущественно на богатых гумусом почвах или предпочитают грубогумусные почвы, но при этом их корни проникают в минеральные горизонты почвы. Индикаторы высокой гумусированности.

5 – растения целиком укореняющиеся в богатом гумусом горизонте, избегающие минеральных почв. Индикаторы грубого гумуса или торфа.

**5) D – шкала гранулометрического состава или дефицита аэрации.** Шкала показывает гранулометрический состав и условия аэрации (прежде всего обеспеченности кислородом) почвы в местах произрастания растений. Низкие значения шкалы – почвы грубого состава (хорошо аэрируемые), высокие – тонкого гранулометрического состава и/или с плохой обеспеченностью кислородом.

- 1 – растения встречаются преимущественно на скалах или стенах. Скальные виды.
- 2 – растения встречаются преимущественно на скелетных почвах, содержащих гальку, щебень или гравий в корнеобитаемом слое.
- 3 – растения встречаются преимущественно на хорошо проницаемых, гравийных или песчаных почвах с хорошей вентиляцией (средний диаметр почвенных частиц 0,05-2 мм).
- 4 – растения встречаются обычно на тонкопесчаных, пылеватых, более или менее вентилируемых почвах (бедные гравием, средний диаметр почвенных частиц обычно 0,002-0,05 мм), не встречаются на каменистых почвах и скалах.
- 5 – растения встречаются преимущественно на очень тонкозернистых, глинистых или торфянистых, обычно насыщенных водой почвах, плохо вентилируемых. Средний диаметр тонких почвенных частиц менее 0,002 мм. Избегают песчаных, гравийных или каменистых почв. Часто индикаторы глинистых, торфянистых почв или почв с дефицитом кислорода.

**6) L – шкала светолюбия.** Шкала характеризует среднюю интенсивность света, при которой растения могут хорошо развиваться в течение вегетационного периода. Низкие значения шкалы показывают низкую интенсивность света и наоборот.

- 1 – растения развиваются в очень тенистых местообитаниях (до 3% от полной освещенности), в условиях полутени или на солнце они слабо конкурентоспособны. Строгие индикаторы затенения.
- 2 – растения встречаются преимущественно в тенистых местообитаниях (редко менее 3%, чаще ниже 10% от полной освещенности), на полном свете могут произрастать только в условиях ослабленной конкуренции с другими видами. Индикаторы затенения.
- 3 – растения чаще произрастают в условиях полутени (редко менее 10% от полной освещенности), значительно реже могут быть встречены на полном солнечном свете.
- 4 – растения встречаются преимущественно на полном свете, но могут выживать и при небольшом затенении. Индикаторы освещенных мест.
- 5 – растения произрастают только на полном свете, неспособные переносить затенение.

**7) T – температурная шкала.** Показывает средние температурные условия в местах произрастания растений в течение вегетационного периода. Прямо связана с абсолютными высотами местообитаний. Низкие величины соответствуют высоким абсолютным высотам, высокие характерны для растений низменностей.

- 1 – растения встречаются преимущественно в альпийском поясе, могут быть найдены и нижерасположенных поясах. Типичные альпийские или арктические виды. В нижних поясах индикаторы холодных местообитаний.
- 2 – растения встречаются преимущественно в субальпийском поясе, в альпийский пояс поднимаются по теплым склонам, а в нижних поясах могут быть встречены в условиях пониженной конкуренции с другими видами. Альпийские и бореальные виды.
- 3 – растения встречаются преимущественно в верхне- и среднегорном поясе, часто также в нижнегорном и в субальпийском поясах. Обычно широко распространенные виды.
- 4 – растения встречаются преимущественно в нижнегорном и предгорном поясе, а по солнечным местам поднимаются в вышерасположенные пояса. Растения широко распространены в низменностях Центральной Европы.
- 5 – растения встречаются только в наиболее теплых местообитаниях. Преимущественно виды из Южной Европы.

**8) K – шкала континентальности.** Шкала характеризует перепады температур в течение дня или года, а также относительную влажность воздуха. Низкие значения шкалы соответствуют небольшим колебаниям температур и высокой влажности воздуха, а высокие – значительным перепадам температур и часто сильной сухости воздуха.

- 1 – растения встречаются преимущественно в регионах с океаническим климатом, мягкой зимой, высокой влажностью воздуха. Растения с высокой оценкой по шкале температур не выносят морозов, растения с низкими значениями по шкале температур требуют длительного периода нахождения под снежным покровом.
- 2 – растения встречаются преимущественно в регионах с субокеаническим климатом, не могут переносить поздних морозов или сильных перепадов температур. В регионах с континентальным климатом (нижние пояса Центральных Альп) могут быть встречены только в самых благоприятных условиях.
- 3 – широко распространенные виды, избегающие экстремально континентальных районов.
- 4 – растения встречаются преимущественно в районах с относительно континентальным климатом, способны переносить резкие перепады температур, низкие зимние температуры и невысокую влажность воздуха. Не встречаются в местах с длительным снежным покровом. Найдены преимущественно в континентальных, сухих регионах, а вне их – только на открытых местах.
- 5 – растения встречаются только в регионах с континентальным климатом, часто приурочены к наветренным и солнечным склонам.

Таблица 1

### Справочные материалы к таблицам Д.Н. Цыганова (Цыганов, 1983)

Справочные материалы к таблицам Д.Н. Цыганова (Цыганов, 1983) Тип режима	Экологическая свита	Балл
<b>1. Термоклиматическая шкала (Тм)</b>		
Арктический	Полярная	1
Промежуточный между 1 и 3	Мезоарктическая	2
Субарктический	Субарктическая	3
Промежуточный между 3 и 5	Арктобореальная	4
Бореальный	Эубореальная	5
Промежуточный между 5 и 7	Мезобореальная	6
Суббореальный	Суббореальная	7
Промежуточный между 7 и 9	Бореонеморальная	8
Неморальный	Эунеморальная	9
Промежуточный между 9 и 11	Термонеморальная	10
Субсредиземноморский	Субсредиземноморская	11
Промежуточный между 11 и 13	Мезосредиземноморская	12
Средиземноморский	Эусредиземноморская	13
Промежуточный между 13 и 15	Субтропическая	14
Тропический	Тропическая	15
Промежуточный между 15 и 17	Субэкваториальная	16
Экваториальный	Экваториальная	17
<b>2. Шкала континентальности климата (Кп)</b>		
Экстраокеанический	Экстраокеаническая	1
Промежуточный между 1 и 3	Океаническая 1-я	2
Океанический	Океаническая 2-я	3
Промежуточный между 3 и 5	Субокеаническая	4
Морской	Морская	5
Промежуточный между 5 и 7	Приморская	6
Субматериковый	Субматериковая	7
Промежуточный между 7 и 9	Материковая 1-я	8
Тип режима	Экологическая свита	Балл
Материковый	Материковая 2-я	9
Промежуточный между 9 и 11	Полуконтинентальная	10
Субконтинентальный	Субконтинентальная	11
Промежуточный между 11 и 13	Мезоконтинентальная	12

Континентальный	Континентальная 1-я	13
Промежуточный между 13 и 15	Континентальная 2-я	14
Ультраконтинентальный	Ультраконтинентальная	15
<b>3. Омброклиматическая шкала аридности-гумидности (Om)</b>		
Экстрааридный	Экстрааридная	1
Промежуточный между 1 и 3	Пераридная	2
Эуаридный	Эуаридная	3
Промежуточный между 3 и 5	Мезоаридная 1-я	4
Мезоаридный	Мезоаридная 2-я	5
Промежуточный между 5 и 7	Субаридная 1-я	6
Субаридный	Субаридная 2-я	7
Промежуточный между 7 и 9	Семиаридная	8
Субгумидный	Субгумидная 1-я	9
Промежуточный между 9 и 11	Субгумидная 2-я	10
Гумидный	Мезогумидная	11
Промежуточный между 11 и 13	Эугумидная	12
Пергумидный	Пергумидная 1-я	13
Промежуточный между 13 и 15	Пергумидная 2-я	14
Гипергумидный	Гипергумидная	15
<b>4. Криоклиматическая шкала (Cr)</b>		
Очень суровых зим	Гиперкриотермная 1-я	1
Промежуточный между 1 и 3	Гиперкриотермная 2-я	2
Суровых зим	Перкриотермная 1-я	3
Промежуточный между 3 и 5	Перкриотермная 2-я	4
Тип режима	Экологическая свита	Балл
Довольно суровых зим	Криотермная 1-я	5
Промежуточный между 5 и 7	Криотермная 2-я	6
Умеренных зим	Субкриотермная 1-я	7
Промежуточный между 7 и 9	Субкриотермная 2-я	8
Мягких зим	Гемикриотермная 1-я	9
Промежуточный между 9 и 11	Гемикриотермная 2-я	10
Теплых зим	Акриотермная	11
Промежуточный между 11 и 13	Субтермофильная 1-я	12
Очень теплых зим	Субтермофильная 2-я	13
Промежуточный между 13 и 15	Термофильная 1-я	14
Невыраженных зим	Термофильная 2-я	15
<b>5. Шкала увлажнения почв (Hd)</b>		
Пустынный	Сухопустынная	1
Промежуточный между 1 и 3	Среднепустынная	2
Полупустынный	Полупустынная	3
Промежуточный между 3 и 5	Пустынно-степная	4
Сухостепной	Субстепная	5
Промежуточный между 5 и 7	Сухостепная	6
Среднестепной	Среднестепная	7
Промежуточный между 7 и 9	Свежестепная	8
Лугово-степной	Влажно-степная	9
Промежуточный между 9 и 11	Сублесолуговая	10
Сухолесолуговой	Сухолесолуговая	11
Промежуточный между 11 и 13	Свежелесолуговая	12
Влажно-лесолуговой	Влажно-лесолуговая	13
Промежуточный между 13 и 15	Сыровато-лесолуговая	14
Сыро-лесолуговой	Сыро-лесолуговая	15
Промежуточный между 15 и 17	Мокро-лесолуговая	16
Тип режима	Экологическая свита	Балл
Болотно-лесолуговой	Болотно-лесолуговая	17

Промежуточный между 17 и 19	Субболотная	18
Болотный	Болотная	19
Промежуточный между 19 и 21	Водно-болотная	20
Прибрежноводный	Прибрежноводная	21
Промежуточный между 21 и 23	Мелководная	22
Водный	Водная	23
<b>6. Шкала солевого режима (Tr)</b>		
Особо бедных почв	Гликоолиготрофная	1
Промежуточный между 1 и 3	Гликосуболиготрофная	2
Бедных почв	Гликосемиолиготрофная	3
Промежуточный между 3 и 5	Гликосубмезотрофная	4
Небогатых почв	Гликомезотрофная	5
Промежуточный между 5 и 7	Гликопермезотрофная	6
Довольно богатых почв	Гликосемиэвтрофная	7
Промежуточный между 7 и 9	Гликосубэвтрофная	8
Богатых почв	Гликоэвтрофная	9
Промежуточный между 9 и 11	Пертрофная	10
Слабозасоленных почв	Галоэвтрофная	11
Промежуточный между 11 и 13	Галосубэвтрофная	12
Среднезасоленных почв	Галосемиэвтрофная	13
Промежуточный между 13 и 15	Галопермезотрофная	14
Сильнозасоленных почв	Галомезотрофная	15
Промежуточный между 15 и 17	Галосубмезотрофная	16
Резко засоленных почв	Галосемиолиготрофная	17
Промежуточный между 17 и 19	Галосуболиготрофная	18
Злостных солончаков	Галоолиготрофная	19
Тип режима	Экологическая свита	Балл
<b>7. Шкала кислотности почв (Rc)</b>		
Очень кислых почв	Гиперацидофильная 1-я	1
Промежуточный между 1 и 3	Гиперацидофильная 2-я	2
Сильно кислых почв	Перацидофильная 1-я	3
Промежуточный между 3 и 5	Перацидофильная 2-я	4
Кислых почв	Мезоацидофильная 1-я	5
Промежуточный между 5 и 7	Мезоацидофильная 2-я	6
Слабокислых почв	Субацидофильная 1-я	7
Промежуточный между 7 и 9	Субацидофильная 2-я	8
Нейтральных почв	Нейтрофильная	9
Промежуточный между 9 и 11	Субалкафильная 1-я	10
Слабощелочных почв	Субалкафильная 2-я	11
Промежуточный между 11 и 13	Мезоалкафильная	12
Щелочных почв	Алкафильная	13
<b>8. Шкала богатства почв азотом (Nt)</b>		
Безазотных почв	Анитрофильная	1
Промежуточный между 1 и 3	Субанитрофильная 1-я	2
Очень бедных азотом почв	Субанитрофильная 2-я	3
Промежуточный между 3 и 5	Геминитрофильная 1-я	4
Бедных азотом почв	Геминитрофильная 2-я	5
Промежуточный между 5 и 7	Субнитрофильная 1-я	6
Достаточно обеспеченных азотом почв	Субнитрофильная 2-я	7
Промежуточный между 7 и 9	Нитрофильная 1-я	8
Богатых азотом почв	Нитрофильная 2-я	9
Промежуточный между 9 и 11	Нитрофильная 3-я	10
Избыточно богатых азотом почв	Нитрофильная 4-я	11

## 6. Индикаторные виды растений

Таблица 1

Индикация химических элементов		
повышенное содержание азота в почве		<i>Chelidonium majus</i> - Чистотел большой <i>Chenopodium album</i> – Марь белая <i>Elymus repens</i> - Пырей ползучий <i>Glechoma hederacea</i> – Будра плющевидная <i>Leonurus quinquelobatus</i> - Пустырник пятилопастной <i>Poa annua</i> - Мятлик однолетний <i>Rubus idaeus</i> - Малина <i>Sambucus racemosa</i> – Бузина красная <i>Urtica dioica</i> – Крапива двудомная
повышенное содержание алюминия		<i>Diphasiastrum complanatum</i> - Плаун сплюснутый <i>Lycopodium clavatum</i> - Плаун булавовидный
повышенное содержание цинка		<i>Viola arvensis</i> - Фиалка полевая <i>Equisetum arvense</i> - Хвощ полевой <i>Viola tricolor</i> – Фиалка трехцветная
повышенное содержание свинца		<i>Trientalis europaea</i> - седмичник европейский
повышенное содержание кальция		<i>Artemisia austriaca</i> - Полынь австрийская <i>Aster alpinus</i> - Астра альпийская <i>Aster amellus</i> - Астра степная <i>Cypripedium calceolus</i> - Башмачок настоящий <i>Digitalis grandiflora</i> - Наперстянка крупноцветковая <i>Echinops ruthenicus</i> - Мордовник русский <i>Epipactis atrorubens</i> - Дремлик темно-красный <i>Galatella angustissima</i> – Солонечник узколистный <i>Hippophae rhamnoides</i> – Облепиха крушиновидная <i>Laser trilobum</i> - Лазурник трехлопастной <i>Linaria cretacea</i> - Льянка меловая <i>Matthiola frāgrans</i> - Левкой душистый <i>Pimpinella titanophila</i> - Бедренец известколюбивый <i>Polygala cretacea</i> - Истод меловой <i>Schivereckia podolica</i> - Шиверекия подольская, <i>Seseli libanotis</i> - Порезник горный <i>Thymus marschallianus</i> - Тимьян Маршалла,

Таблица 2

### Растения - индикаторы засоленных почв

Среди разных типов засоленных почв основные – солончаки (мокрые) и солонцы (нижние горизонты уплотнены, при высыхании растрескиваются), водный и солевой режим различный

Индикаторная группа	Адаптация	Степень засолённости
<i>Atriplex sibirica</i> - Лебеда сибирская <i>Halocnemum strobilaceum</i> - Сарсазан	Поглощают и накапливают много солей до 45-50% в	сильно засоленные

шишковатый <i>Salicornia europaea</i> - Солерос европейский <i>Salsola tamariscina</i> - Солянка тамарисковидная <i>Suaeda prostrata</i> - Свезда лежачая	цитоплазме, для них характерно утолщение листовой пластинки, снижение числа устьиц, лист – более суккулентный и мелкий	почвы
Если подобные вышеперечисленные виды встречаются единично, среди сорно-луговой либо сорно-степной растительности, можно предположить, что имеется антропогенное засоление почв, обусловленное разливом загрязненных вод (рассолов) после нефтеразработок		антропоген ные рассолы
<i>Aster tripolium</i> - Астра солончаковая <i>Limónium gmelinii</i> - Кермек Гмелина <i>Tamarix ramosissima</i> - Тамарикс ветвистый	выделяют избыток солей через железки на листьях	солончаки
<i>Cirsium esculentum</i> - Бодяк съедобный <i>Festuca regeliana</i> - Овсяница Регеля <i>Plantago cornuti</i> - Подорожник Корнута <i>Plantago maxima</i> - Подорожник наибольший <i>Trifolium fragiferum</i> - Клевер земляничный <i>Triglochin maritima</i> - триостренник приморский	Отмечаются некоторые виды полыни, колючника и тростника, т.к. их корневые системы малопроницаемы для солей, либо (у тростника) имеют развитую глубокую корневую систему и их корни доходят до малозасоленных горизонтов почв	солонцеват ые низинные луга

Таблица 3

## Растения- указатели глубины залегания грунтовых вод

Индикаторная группа	Глубина залегания грунтовых вод
<i>Alnus incana</i> - Ольха серая, <i>Bromus inermis</i> - Костер безостый <i>Elymus repens</i> - Пырей ползучий, <i>Matteuccia struthiopteris</i> - Страусник обыкновенный <i>Salix alba</i> - Ива белая, <i>Scirpus sylvaticus</i> - Камыш лесной, <i>Trifolium pratense</i> - Клевер луговой,	2-3 м Более 1, 5 м
<i>Agrostis alba</i> - Полевица белая <i>Festuca pratensis</i> - овсяница луговая <i>Vicia cracca</i> - горошек мышиный <i>Deschampsia caespitosa</i> – Луговик дернистый <i>Ribes nigrum</i> - смородина черная	1,0 – 1,5 м
<i>Filipendula ulmaria</i> – Таволга вязолистная <i>Phalaris arundinacea</i> - Канареечник тростниковидный <i>Phragmites australis</i> - Тростник южный <i>Lysimachia vulgaris</i> - Вербейник обыкновенный	50 – 100 см
<i>Carex vulpina</i> - Осока лисья <i>Carex acuta</i> - Осока острая <i>Carex nigra</i> - Осока черная	10 – 50 см
<i>Glyceria notata</i> - Манник отмеченный <i>Epilobium smyrneum</i> - Кипрей смирненский <i>Epilobium roseum</i> - Кипрей розовый <i>Epilobium parviflorum</i> - Кипрей мелкоцветковый	Выход грунтовых вод, повышенной минерализации



<i>Carex cespitosa</i> - Осока дернистая <i>Carex vesicaria</i> - Осока пузырчатая	0 – 10 см
---	-----------

Таблица 4

**Растения- индикаторы торфяников**

Индикаторная группа		Мощность отложений
Торфяники низинные маломощные гипново-осоково-травянные, с высоким бонитетом деревьев –	<i>Betula pubescens</i> - Береза пушистая <i>Pinus sylvestris</i> - Сосна обыкновенная <i>Salix cinerea</i> - Ива серая <i>Salix pentandra</i> - Ива пятитычинковая <i>Salix triandra</i> - Ива трехтычинковая	0,25-0,5 м
Сосняки и ельники (деревья высокого бонитета) с березой сфагново-гипновые.	<i>Chamaedaphne calyculata</i> - Болотный мирт обыкновенный <i>Ledum palustre</i> – Багульник болотный (Появление черники, брусники – снижение мощности торфа почти до нуля).	0,25 – 1 м
Переходные и верховые болота на севере РТ, имеющие лимногенное происхождение (возникшие на месте озер) образованные сфагновыми сплавинами Сосна обыкновенная, береза пушистая имеют низкий бонитет (жизненность)	<i>Scheuchzeria palustris</i> - Шейхцерия болотная <i>Andromeda polifolia</i> - Подбел многолистный <i>Vaccinium oxycoccos</i> – Клюква <i>Drosera rotundifolia</i> – Росянка круглолистная <i>Salix lapponum</i> - Ива лапландская <i>Salix myrtilloides</i> - Ива черниковидная	2-4 м
Торфяники на юге РТ низинные гипново-осоковые-травянные, имеющие лимногенное происхождение.	<i>Carex cespitosa</i> - Осока дернистая <i>Carex disticha</i> - Осока двурядная <i>Carex acuta</i> - Осока острая <i>Drepanocladus aduncus</i> – Дрепаноклядус крючковатый <i>Phragmites australis</i> - тростник южный <i>Betula humilis</i> - Береза приземистая	2 – 4м

## 7. Материалы к лишеноиндикационным исследованиям

## Учетная полевая ведомость для лишеноиндикационных исследований

Дата \_\_\_\_\_ Ф.И.О. коллектора \_\_\_\_\_ Пробная площадь № \_\_\_\_\_  
 Местонахождение \_\_\_\_\_  
 Древесная порода \_\_\_\_\_ Средний диаметр стволов \_\_\_\_\_  
 Характеристика древостоя \_\_\_\_\_

### Характеристики пробной площади:

1. Дата проведения измерения.
2. Сомкнутость крон, %.
3. Высота над уровнем моря, м.
4. Экспозиция склона (С, СВ и т. д.).
5. Угол склона (с горизонтом, в градусах).

### Характеристики модельного дерева:

1. Номер дерева на пробной площади.
2. Порода дерева.
3. Высота, м.
4. Длина окружности поперечного сечения ствола на высоте измерений
5. Фамилия коллектора.

Таблица 1

[illegible]

**Классы чувствительности лишайников и типы местообитаний  
эпифитных лишайниковых сообществ Эстонии (Трасс, 1985)**

Классы полеото- лерант-ности	Типы местообитаний по степени влияния антропогенных факторов и встречаемость видов	Виды
I	Естественные местообитания (ландшафты) без ощутимого антропоген-ного влияния	<i>Lecanactis abietina</i> , <i>Lobaria scrobiculata</i> , <i>Menegzzia terebrata</i> , <i>Mycoblastus sanguinarius</i> , виды родов <i>Pannaria</i> , <i>Parmeliella</i> , самые чувствительные виды рода <i>Usnea</i>
II	Естественные (часто) и антропогенно слабоизме-ненные местообитания (редко)	<i>Bryoria chalybeiformis</i> , <i>Evernia divaricata</i> , <i>Cyalecta ulmi</i> , <i>Lecanora coilocarpa</i> , <i>Ochrolechia androgyna</i> , <i>Parmeliopsis aleurites</i> , <i>Ramalina calicaris</i>
III	Естественные (часто) и антропогенные слабо-изменённые местообитания (часто)	<i>Bryoria fuscescens</i> , <i>Cetraria chlorophylla</i> , <i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Lecidea tenebricosa</i> , <i>Opergrapha pulicaris</i> , <i>Pertusaria pertusa</i> , <i>Usnea subfloridana</i>
IV	Естественные (часто), слабо- (часто) и умеренно- (редко) изменённые местообитания	<i>Bryoria implexa</i> , <i>Cetraria pinastri</i> , <i>Graphis scripta</i> , <i>Lecanora leptyroides</i> , <i>Lobaria pulmonaria</i> , <i>Opergrapha diaphora</i> , <i>Parmelia subaurifera</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> , <i>Pertusaria coccodes</i> , <i>Pseudevernia furfuraceae</i> , <i>Usnea filipendula</i>
V	Естественные, антропогенно слабо- и умеренно изменённые местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca pyracea</i> , <i>Lecania cyrtella</i> , <i>Lecanora chlorotera</i> , <i>L. rugosa</i> , <i>L. subfuscata</i> , <i>L. subrugosa</i> , <i>Lecidea glomerulosa</i> , <i>Parmelia exasprata</i> , <i>P. olivacea</i> , <i>Physcia aipolia</i> , <i>Ramalina farinacea</i>
VI	Естественные (сравнительно редко) и антропогенно умеренно- (часто) изменённые местообитания	<i>Arthonia radiata</i> , <i>Caloplaca aurantiaca</i> , <i>Evernia prunastri</i> , <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Lcanora allophana</i> , <i>L. carpineae</i> , <i>L. chlorona</i> , <i>L. pallida</i> , <i>L. symmictera</i> , <i>Parmelia acetabulum</i> , <i>P. subargentifera</i> , <i>P. exasperatula</i> , <i>pertusaria discoidea</i> , <i>Hypocenomyce scalaris</i> , <i>Ramalina fraxinea</i> , <i>Rinodina exigua</i> , <i>Usnea hirta</i>
VII	Умеренно (часто) и сильно (редко) антропогенно изменённые местообитания	<i>Caloplaca vitellina</i> , <i>Candelariella vitellina</i> , <i>C. Xanthostigma</i> , <i>Lecanora varia</i> , <i>Parmelia onspurcata</i> , <i>P. sulcata</i> , <i>P. verruculifera</i> , <i>Pertusaria amara</i> , <i>Phaeophyscia nigricans</i> , <i>Phlyctis ageleaea</i> , <i>Physcia ascendens</i> , <i>Ph. stellaris</i> , <i>Ph. tenella</i> , <i>Physconia pulverulacea</i> , <i>Xanthoria polycarpa</i>
VIII	Умеренно и сильно антропогенно изменённые местообитания (с равной встречаемостью)	<i>Caloplaca cerina</i> , <i>candelaria concolor</i> , <i>Phlyctis argena</i> , <i>Physconia grisea</i> , <i>Ph. enteroxantha</i> , <i>Ramalina pollinaria</i> , <i>Xanthoria candelaria</i>
IX	Сильно антропогенно изменённые местообитания (часто)	<i>Buellia punctata</i> , <i>Lecanora expallens</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i> , <i>Xanthoria parietina</i>
X	Очень сильно антропогенно изменённые местообитания (встречаемость и жизненность видов низкие)	<i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>L. hageni</i> , <i>Lepraria incana</i> , <i>Scoliosporim chlorococcum</i>

**Классы полетолерантности эпифитных лишайников Казани  
(Голубкова, Малышева, 1976)**

Определение степени полетолерантности ( $a_i$ ) эпифитных лишайников г. Казани										
$a_i$	№ квадрата									Виды лишайников
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
3									+	<i>Lecanora allophana</i>
									+	<i>Lecidea glomerulosa</i>
									+	<i>Biatora symmicta</i>
									+	<i>Anaptychia ciliaris</i>
									+	<i>Usnea hirta</i>
									+	<i>Parmelia exasperatula</i>
4							+		+	<i>P. exasperata</i>
							+		+	<i>P. verruculifera</i>
							+	+	+	<i>Physcia aipolia</i>
							+	+	+	<i>Hypogymnia physodes</i>
5						+	+	+	+	<i>Lepraria candelaria</i>
						+	+	+	+	<i>Physconia grisea</i>
6					+	+	+	+	+	<i>Evernia prunastri</i>
					+	+	+	+	+	<i>Physconia pulverulenta</i>
7				+	+	+	+	+	+	<i>Physcia stellaris</i>
				+	+	+	+	+	+	<i>Parmelia sulcata</i>
8	+			+	+	+	+	+	+	<i>Xanthoria substellaris</i>
9	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>Physcia dubia</i>
10	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>Xanthoria parietina</i>
	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<i>Lecanora hagenii</i> <i>Physcia orbicularis</i>

Примечание. 1 — Ботанический сад, 2 — сквер на пл. Куйбышева, 3 — сквер по ул. Свердлова, 4 — Ометьево, 5 — ул. Груздева, 6 — парк им. Горького (ЦПКиО), 7 — «Немецкая Швейцария», 8 — д/о «Ливадия», 9 — лес у пос. Нагорный.

Таблица 4

**Краткая определительная таблица некоторых видов листоватых и кустистых эпифитных лишайников**

слоевище листоватое	в окраске слоевища присутствует оранжевый оттенок		оранжевая окраска распределена равномерно		Xanthoria parietina (L.) Th. Fr. – Ксантория настенная	
			яркая, желто-оранжевая кайма по краю лопастей		Vulpicida pinastri (Scop.) Mattsson & Lai – Вульпицида сосновая	
	в окраске слоевища преобладает коричневый оттенок				Melanohalea olivacea (L.) O. Blanco et al. - Меланохалеа оливковая	
	окраска слоевища преимущественно пепельно-серая, серовато-зеленоватая, зеленоватая	лопасти объемно-вздутые, с внутренней полостью			Hypogymnia physodes (L.) Nyl. – Гипогимния вздутая.	
		лопасти изнутри не вздутые	при смачивании окраска может стать интенсивнее, но цвет принципиально не меняется	лопасти широкие, их поверхность сетчато-складчатая с ясно выступающей сеточкой	Parmelia sulcata Taylor – Пармелия бороздчатая	
				лопасти узкие, плотно прижатые к субстрату	Physcia stellaris (L.) Nyl. - фисция звездчатая	
			при смачивании цвет резко изменяется на зеленый	лопасти до 3 мм шириной с каймой беловатых соралей по краю	Physconia enteroxantha (Nyl.) Poelt - Фискония кишечно-желтая	
				лопасти узкие до 1 мм, плотно прижатые к субстрату	Phaeophyscia orbicularis (Neck.) Moberg - Феофисция округлая.	
	слоевище кустистое	растет преимущественно у комля дерева				виды рода Cladonia
		растут преимущественно на стволах деревьев	верхняя и нижняя сторона лопастей по окраске отличаются		Верхняя сторона лопастей темнее нижней; нижняя - беловатая, возможно розоватая	Evernia prunastri (L.) Ach. - Эверния сливовая
верхняя сторона лопастей светлее нижней; нижняя темная до черной, на концах светлая					Pseudevernia furfuracea (L.) Zopf - Псевдэверния зернистая	
верхняя и нижняя сторона лопастей по окраске НЕ отличаются				лопасти слоевища плоские, зеленые	Ramalina fraxinea (L.) Ach. - Рамалина ясеневая	
				лопасти уплощены только в местах ветвления	Evernia mesomorpha Nyl. - Эверния мезоморфная	
				лопасти цилиндрические на всем протяжении, без уплощений	Usnea hirta (L.) F.H. Wigg. – Уснея жесткая	

